

Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
katedra fyzické geografie a geoekologie



**Bc. Martin Pecha**

**Vyhodnocení nejistoty předpovědi srážek s ohledem na  
hydrologické předpovědi v malých povodích**

Evaluation of precipitation forecast from the point of view  
of hydrological forecasting in small catchments

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.

Praha, Srpen 2009

### Prohlášení:

Prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem zpracoval samostatně a použité zdroje z cizích prací jsou řádně citovány.

V Praze dne 21.8. 2009

.....  
Bc. Martin PECHA

## Poděkování:

Děkuji RNDr. Janu Daňhelkovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení, konzultace, cenné rady a doporučení během zpracování práce.

*Abstrakt:* Diplomová práce je zaměřena na vyhodnocení kvantitativních předpovědí srážek (QPF) modelu ALADIN pro vybrané zdrojové oblasti v povodí Labe. V úvodu je stručně popsána fyzicko-geografická charakteristika 9 vybraných povodí, srážkové významné synoptické situace a předpovědní model ALADIN. Dále jsou popsány statistické metody (podvojná součtová čára, kumulativní distributivní funkce, histogram četnosti výskytu a diagram diskriminace a hodnověrnosti aj.), kterými bylo provedeno následné vyhodnocení předpovědi srážek. Výsledky vyhodnocení prokázaly, že model výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek a výrazně nadhodnocuje nízké srážkové úhrny do 1 mm a mírně také srážky do 5 mm. V povodích ležících v závětrí hlavních horských hřebenů bylo zjištěno podhodnocení srážek větších než 8 mm a ve většině vybraných oblastí model podhodnocoval srážkové extrémy. Po roce 2005 byla prokázána výrazná změna v hodnotách použitých kritérií způsobená změnou v prostorovém rozlišení modelu. Nejvýrazněji se změny projeví v nárůstu nadhodnocení srážek v povodích exponovaných vůči západnímu proudění a to především v nižších a plošně méně rozsáhlých pohořích. Po následné transformaci QPF, která byla provedena kvantilovou metodou, došlo k výraznému vylepšení předpovědi celkového objemu srážek pro většinu vybraných oblastí.

*Klíčová slova:* NWP ALADIN, QPF, povodí Labe, povodně, statistické hodnocení

*Abstract:* In this work we have evaluated NWP ALADIN quantitative precipitation forecast (QPF) for selected headwater areas of the Czech part of the Elbe river basin. Work describes geographical characteristics of 9 small study basins, and gives an overview of important synoptic situations and theory of NWP ALADIN. Different applied statistical methods (f.e. double mass curve, CDF, frequency diagram, discrimination and reliability) are introduced. Results have proved over-forecasting of days with precipitations especially those of light precipitation up to 1 mm and partly also up to 5 mm. On the other hand basins that are not exposed to prevailing western flows show under-forecasting of precipitation higher than 8 mm. Evaluation also proved the significant change in forecasting performance due to change in model resolution in 2005. The change was more significant in basins exposed to west and in basins in middle altitudes and spatially limited highlands. Simple quantile transformation resulted in improvement of forecast of total long term volume of precipitation in most of the study basins.

*Key words:* NWP ALADIN, QPF, Elbe river basin, floods, statistical evaluation

## OBSAH

1.	ÚVOD . . . . .	7
1.1	Cíle práce . . . . .	8
2.	STRUČNÁ FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ZDROJOVÝCH OBLASTÍ V POVODÍ LABE . .	9
2.1	Povodí horní Jizery, Jablonec nad Jizerou . . . . .	10
2.2	Povodí horní Úpy, Horní Maršov . . . . .	12
2.3	Povodí horní Dědiny, Chábory . . . . .	14
2.4	Povodí horní Sázavy, Havlíčkův Brod . . . . .	15
2.5	Povodí horní Otavy, Sušice . . . . .	18
2.6	Povodí horní Malše, Pořešín . . . . .	20
2.7	Povodí Skalice, Varvažov . . . . .	22
2.8	Povodí horní Radbuzy, Tasnovice . . . . .	24
2.9	Povodí horní Litavky, Čenkov . . . . .	27
2.10	Srážkově významné synoptické situace . . . . .	29
3.	PŘEDPOVĚDNÍ MODEL ALADIN . . . . .	32
4.	STATISTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ PŘEDPOVĚDI SRÁŽEK	35
4.1	Hitt-miss koeficienty . . . . .	35
4.2	Lineární korelace naměřených a předpovídaných srážek . .	36
4.3	Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot. .	37
4.4	Histogram četnosti výskytu srážek . . . . .	37
4.5	Kumulativní distributivní funkce . . . . .	38
4.6	Diagram hodnověrnosti předpovědi srážek a diskriminační diagram .	38
4.7	Kvantilové porovnání a transformace . . . . .	40
5.	METODIKA ZPRACOVÁNÍ . . . . .	41
6.	VÝSLEDKY . . . . .	44
6.1	Výsledky statistického vyhodnocení předpovědi srážek . . .	44
6.1.1	Hitt-miss koeficienty . . . . .	44

6.1.2	<i>Lineární korelace naměřených a předpovídaných srážek</i>	45
6.1.3	<i>Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot</i>	49
6.1.4	<i>Histogram frekvence četnosti výskytu srážek.</i>	67
6.1.5	<i>Kumulativní distributivní funkce</i>	72
6.1.6	<i>Diagram hodnověrnosti předpovědi srážek a diskriminační diagram</i>	76
<b>6.2.</b>	<b>Vyhodnocení významných srážkových událostí ve vybraných oblastech</b>	<b>87</b>
<b>6.3.</b>	<b>Transformace předpovědi srážek pomocí kvantilové metody</b>	<b>90</b>
6.3.1	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Jizery</i>	90
6.3.2	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Úpy</i>	93
6.3.3	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Dědiny</i>	95
6.3.4	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Sázavy</i>	98
6.3.5	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Otavy</i>	102
6.3.6	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Malše</i>	105
6.3.7	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí Skalice</i>	108
6.3.8	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Radbuzy</i>	110
6.3.9	<i>Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Litavky</i>	113
<b>7.</b>	<b>SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE</b>	<b>116</b>
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>120</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>122</b>
<b>10.</b>	<b>PŘÍLOHY</b>	<b>125</b>
10.1	<b>Tabulky Hitt-miss koeficientů</b>	125
10.2	<b>Histogramy četnosti výskytu srážek</b>	126
10.3	<b>Tabulky vyhodnocení významných srážkových událostí.</b>	131

## 1. ÚVOD

S následky intenzivních srážek se v podobě povodní setkáváme ve střední Evropě v posledních letech velmi často. Povodním, speciálně těm přívalovým, na menších tocích nejsme většinou schopni zabránit, ale můžeme se na ně lépe připravit a pokusit se zmírnit jejich následky. Snížení způsobených škod je právě možné díky včasné a přesné předpovědi srážek, a proto je výzkum využití srážkových předpovědí v operativní hydrologii jednou z klíčových otázek současného vývoje v oblasti předpovědi povodní.

Česká část povodí Labe je specifická tím, že zde většina řek pramení, tudíž množství vody v řekách závisí především na množství atmosférických srážek, které se v této oblasti vyskytnou. Z tohoto důvodu je co nejpřesnější předpověď srážek (především pro vybrané zdrojové oblasti) a její následné vyhodnocení zcela zásadní.

Co nejpřesnější časoprostorová předpověď atmosférických srážek je však jedním z nejobtížnějších úkolů meteorologické předpovědi. V posledních desetiletích došlo ke zvýšení úspěšnosti předpovědí v souvislosti se zavedením matematických předpovědních modelů. I přes značný pokrok na poli kvantitativní předpovědi atmosférických srážek, stále zůstává nejistota předpovědi srážek hlavním faktorem ovlivňujícím úspěšnost hydrologických předpovědí. Matematické modely většinou nejsou schopny v dostatečné míře postihnout orografické zesílení srážek a zejména přívalové srážky spojené s letní konvekcí.

Kvantifikovaná předpověď srážek je v podmínkách české části povodí Labe rozhodujícím vstupem do hydrologických modelů, který je nezbytný pro prodloužení předstihu předpovědi průtoků. Přesnost odhadu a správná lokalizace očekávaných srážek jsou důležité, a to zejména při prudkém nástupu povodní a předpovědi na malých tocích.

## 1.1 Cíle práce

Předkládaná diplomová práce se bude podrobněji zabývat vyhodnocením předpovědí srážek modelu ALADIN pro vybrané významné zdrojové oblasti v povodí Labe, a to z hlediska jejich využití v hydrologických předpovědních systémech.

Teoretická část bude věnována stručné fyzicko-geografické charakteristice vybraných zdrojových oblastí a zmíněny budou také synoptické situace příhodné pro vydatné srážky frontálního či konvektivního charakteru.

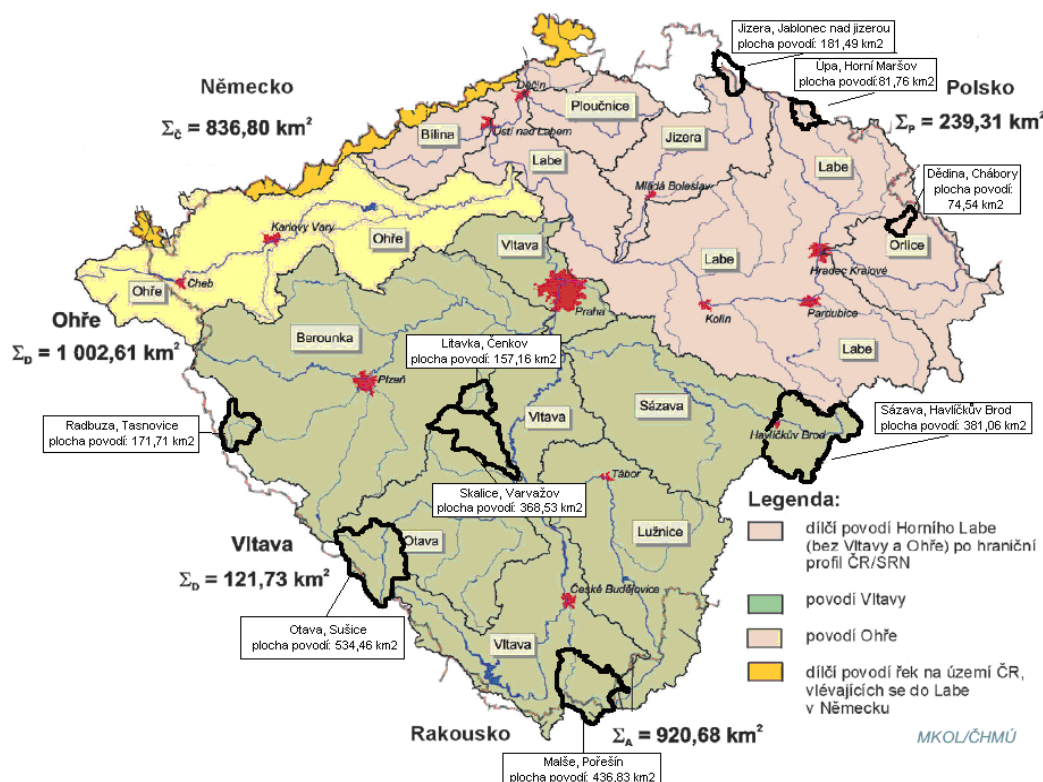
Podrobněji bude představen předpovědní model ALADIN a popsány budou vybrané statistické metody pro hodnocení úspěšnosti předpovědí, které budou následně používány.

Hlavním cílem práce je vyhodnocení úspěšnosti předpovědi srážek modelu ALADIN pro vybraná povodí ve významných zdrojových oblastech v povodí Labe. Vyhodnocena bude jak 24 hodinová předpověď modelu, na kterou bude dáván hlavní důraz, tak také předpověď s předstihem 48 hodin. Získané výsledky budou vzájemně porovnány z hlediska rozdílů mezi jednotlivými předstihy předpovědi a zejména z hlediska rozdílů mezi vybranými hodnocenými povodími.

Rovněž bude otestována aplikace jednoduché statistické transformace předpovídaných dat, za účelem zlepšení předpovědi postprocessingem z hlediska některých použitých statistických kritérií.

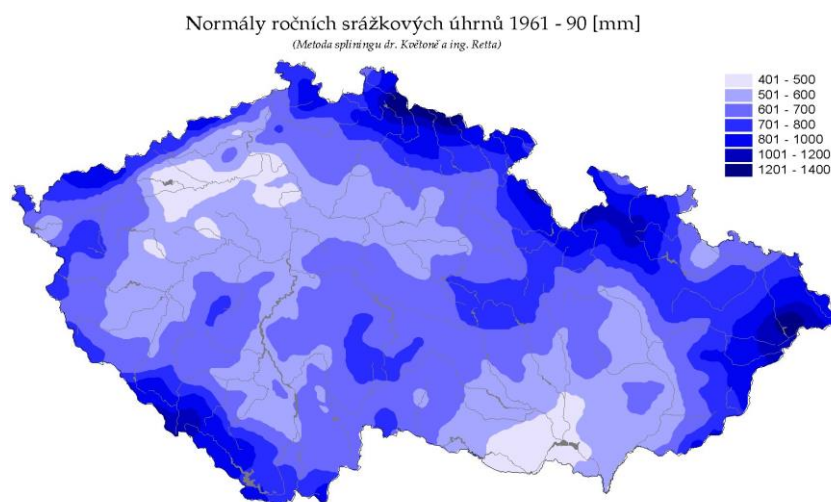


## 2. STRUČNÁ FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ZDROJOVÝCH OBLASTÍ V POVODÍ LABE



Obr.2.1 – Mapa povodí Labe s vybranými povodími ve zdrojových oblastech (MKOL, 2006).

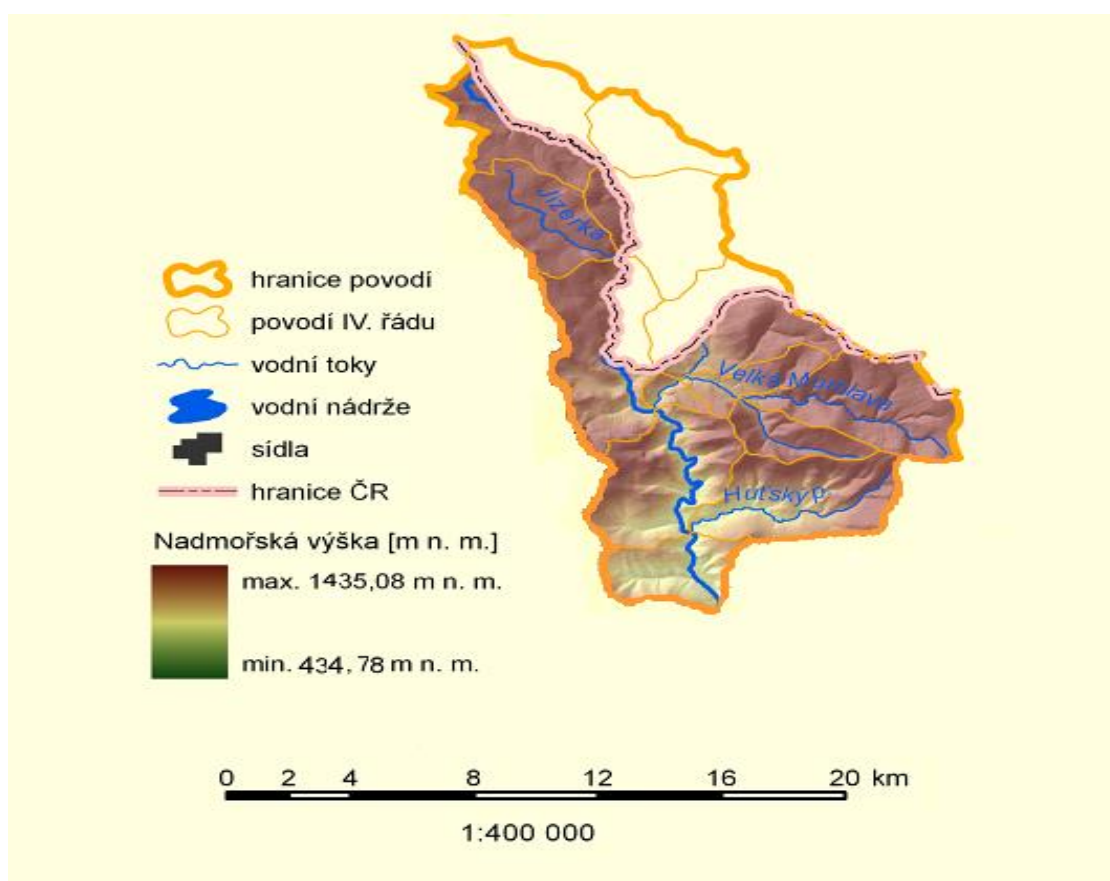
Reliéf je jedním z nejdůležitějších faktorů, ovlivňujících množství a rozložení srážek v české části povodí Labe. Toto území má i přes svojí relativně malou rozlohu velmi pestrý reliéf i geologickou stavbu. Komplexní fyzicko-geografická charakteristika české části povodí Labe a její vliv na klimatické poměry byla provedena v bakalářské práci (Pecha, 2007).



Obr.2.2 - Průměrné roční srážky ČR v letech 1961-1990 (Tolasz, 2007).

## 2.1 Povodí horní Jizery, Jablonec nad Jizerou

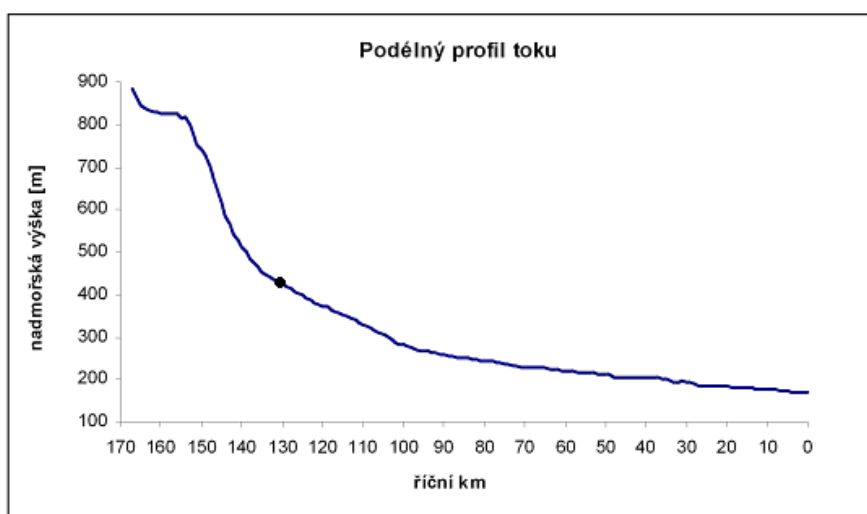
Přes svou relativně malou rozlohu 181,49 km<sup>2</sup> je oblast povodí horní Jizery poměrně značně výškově členitá (rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším místem činí cca 1000 výškových metrů). To je dáno polohou mezi horskými masivy Jizerských hor a západních Krkonoš a současně otevřením k jihu podél toku Jizery. Jizera pramení v Jizerských horách pod horou Smrk (1224 m n.m.). Nicméně přetrvávají spory o tom, který ze dvou pramenů na úpatí Smrku je ten pravý. Polská Jizera je vodnatější, zatímco česká je naopak geneticky správnější z hlediska vývoje povodí a rozvodí (Pilous, 2008). Dále Jizera protéká Velkou jizerskou loukou a v délce asi 15 km tvoří česko-polskou hranici a opouští území vybraného povodí ve výšce 435 m n.m. ve stanici typu A v Jablonci nad Jizerou.



Obr.2.1.1 – Povodí horní Jizery (VÚV, 2009).

Základní hlášené profily povodňové služby (kategorie A) jsou situovány v místech vodoměrných stanic, které jsou provozovány ČHMÚ nebo správci vodohospodářsky významných toků (Povodí). Také část doplňkových hlášených profilů (kategorie B) je v místě stávajících vodoměrných stanic. Všechny tyto profily jsou technicky dostatečně vybaveny, tj. je v nich nainstalována vodočetná lať (ve většině stanic také grafický nebo digitální záznam) a je pro ně zpracována měrná křivka průtoků (ČHMÚ, 2009a).

Průměrný roční úhrn srážek pro povodí horní Jizery se pohybuje nad 1000 mm. Z toho na jaře spadne v průměru nad 250 mm, v létě více než 300 mm, na podzim přes 250 mm a v zimě opět více než 300 mm. V letním půlroce (od dubna do září) bývá naměřeno 500 až více než 700 mm. Nejvyšší měsíční srážkové úhrny se vyskytují v červnu a červenci, a to od 100 do více jak 140 mm. Počet dní se srážkami nad 0,1 mm se pohybuje v rozmezí od 170 do 210, dní se srážkami nad 1 mm bývá do 150, srážky nad 5 mm se během roku vyskytnou v průměru více než 70 krát a více než 10 mm srážek spadne ve více než 32 případech. Průměrná roční maxima denních srážek se pohybují v rozmezí 50-70 mm, dvoudenních 70-100 mm a třídních srážek v intervalu 80-120 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.1.2 – Podélný profil Jizery (VÚV, 2007).

Převažují zde hnědé horské půdy s přechody k podzolům, občas se vyskytují výhradně podzoly, případně rašelinné půdy. Jedná se o půdy převážně silně šterkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50 % (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
377	13.8.2002	286	9.3.2000
299	21.7.2001		
229	10.9.2001		

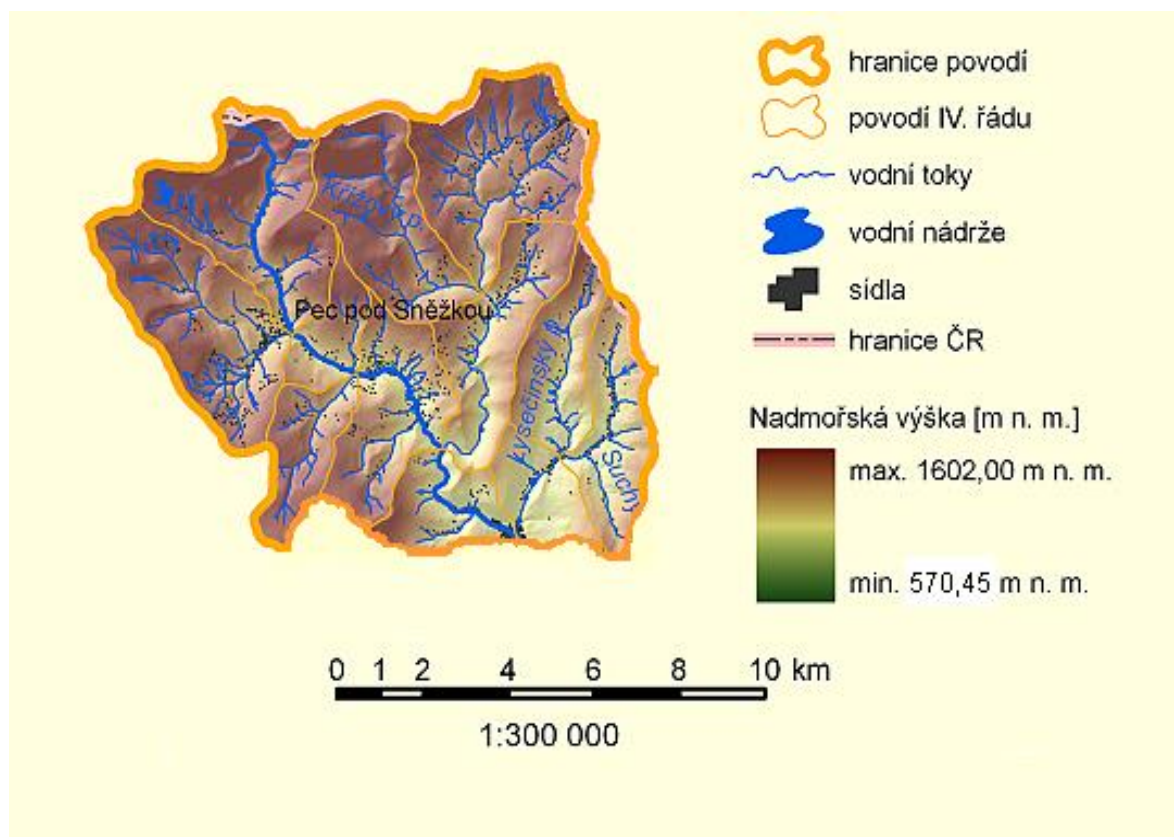
N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	44	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	80	162	203	310	362	Průměrný roční průtok:	5,7	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	131,75	[km]
bdělost	150	54,5	Plocha povodí:	181,49	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	180	70,7	Nula vodočtu:	434,78	[m.n.m.] B
ohrožení	210	87,5			

Tab.2.1.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Jizery (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.2 Povodí horní Úpy, Horní Maršov

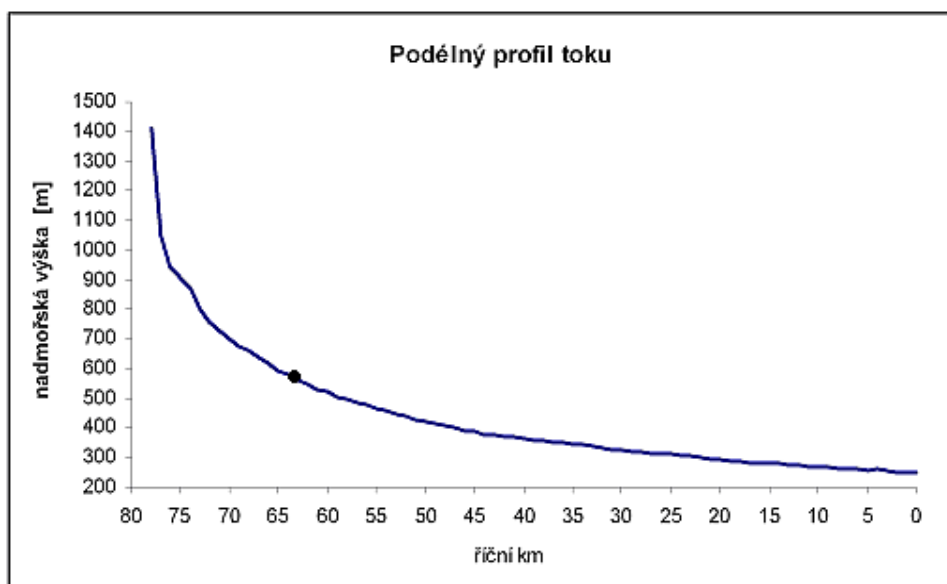
Horní povodí řeky Úpy se nachází v západních Krkonoších v Královéhradeckém kraji. Po profil v Horním Maršově má povodí rozlohu 81,76 km.<sup>2</sup>, což tvoří pouze necelých 16 % plochy celého povodí Úpy a řadí toto povodí jako druhé nejmenší z devíti vybraných. Stanice v Horním Maršově patří opět do kategorie A, provozovatelem stanice je ČHMÚ Hradec Králové (ČHMÚ, 2009a). Vybrané povodí má horský reliéf s převahou nadmořských výšek nad 800 m. Severní část pohoří v blízkosti polských hranic dokonce převyšuje 1400 m n.m. Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším bodem opět dělá více než 1000 m. Řeka Úpa pramení v oblasti rašelin na Bílé louce 2 km západně od Sněžky a severně od Studniční hory. Se svým prameništěm ve výšce 1432 m n.m. je nejvýše pramenící českou řekou. Nedaleko od svého pramene spadá o 400 metrů níže do Úpské jámy a následně se Obřím dolem dostává do Pece pod Sněžkou (Kunský, 1968). Horním Maršovem protéká v nadmořské výšce 570 m.



Obr.2.2.1 – Povodí horní Úpy (VÚV, 2009).

Průměrný roční úhrn srážek se v horním povodí Úpy pohybuje nad 1000 mm s tím, že v letním půlroce v průměru spadne od 500 do více než 700 mm. Nejdeštivější bývají měsíce červen a červenec (výjimečně to může být i srpen), kdy spadne obvykle od 100 do více než 140 mm srážek. Naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje v dubnu, protože v zimních měsících je zaznamenáno podružné srážkové maximum. Stupeň nerovnoměrnosti ročního

chodu srážek se v tomto povodí pohybuje pouze v rozmezí 5-10 %. Během roku se zde zpravidla vyskytne od 150 do 210 srážkových dní nad 0,1 mm, 130-150 dní, kdy spadne více než 1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytuje v průměru v 60 až více než 70 dnech a srážky vyšší než 10 mm jsou během roku v průměru zaznamenány více než dvaatřicetkrát. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: méně než 50-70 mm, 70-100 mm, 80-120 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.2.2 – Podélný profil Úpy (VÚV, 2009).

Z hlediska půdních poměrů zde převažují hnědé horské půdy s přechody k podzolům, občas se vyskytují výhradně podzoly, případně rašelinné půdy. Jedná se o půdy převážně silně šterkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50 % (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
265	14.8.1948	238	13.1.1948
239	12.7.1937	168	7.1.1932
239	7.7.1997	135	22.4.1950

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	26,7	63,6	84	141	171

Průměrný roční stav:	36,00	[cm]
Průměrný roční průtok:	2,69	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
bdělost	110	31,3
pohotovost	130	40,2
ohrožení	160	54,3

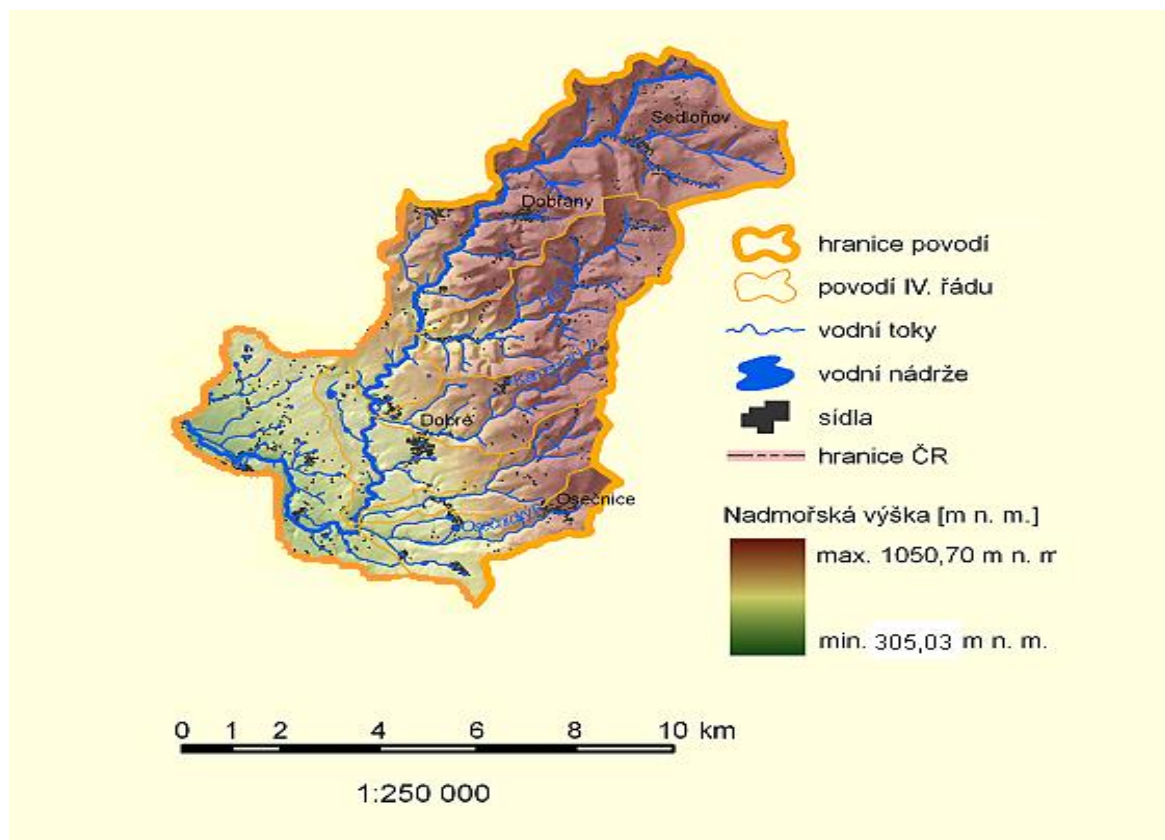
Staničení:	64,00	[km]
Plocha povodí:	81,76	[km <sup>2</sup> ]
Nula vodočtu:	570,45	[m.n.m.]

Tab. 2.2.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Úpy (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).



### 2.3 Povodí horní Dědiny, Chábory

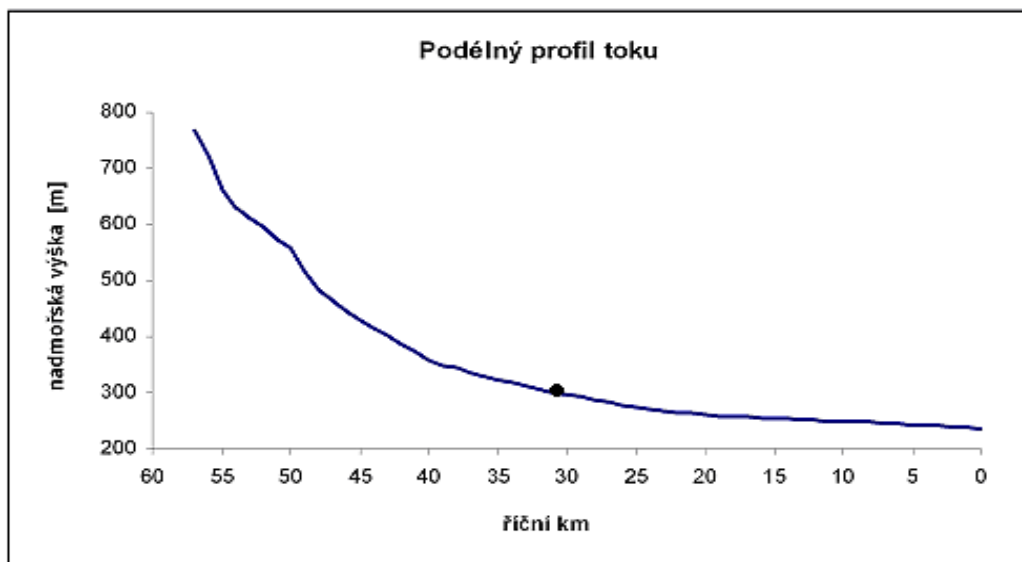
Horní povodí řeky Dědiny až po profil v Cháborech se rozkládá na ploše 74,54 km<sup>2</sup> (asi 22 % celého povodí Dědiny) nedaleko česko-polských hranic. Stanice v Cháborech patří do kategorie B a provozovatelem je ČHMÚ Hradec Králové (ČHMÚ, 2009a). Většina povodí má vrchovinný reliéf na úpatí Orlických hor s převahou nadmořských výšek 500-800 m a pouze jihozápadní část v nadmořských výškách mírně nad 300 m má rysy pahorkatiny. Řeka Dědina pramení pod názvem Zlatý potok (zdrojnice Sedloňovský a Holomský potok, které se stékají zhruba ve výšce 700 m n. m.) v Orlických horách v lesních mokřinách pod Sedloňovským vrchem. Profilem nedaleko Chábor protéká stále pod názvem Zlatý potok ve výšce 305 m n.m.



Obr.2.3.1 – Povodí horní Dědiny (VÚV, 2009).

Průměrný roční úhrn srážek se v povodí horní Dědiny pohybuje od 700 mm výše s tím, že v nejvyšších polohách přesahuje i 1000 mm. V letním půlroce obvykle spadne od 400 do 700 mm. Nejdeštivější bývají měsíce červen a červenec s průměrnými úhrny od 80 do 140 mm (ojediněle i vyššími). Nejméně srážek se naopak zpravidla vyskytuje v dubnu (40-80 mm), protože v zimním období se i zde projevuje podružné srážkové maximum. Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se v povodí horní Dědiny pohybuje v rozmezí 5-20

%. Během roku se zde zpravidla vyskytne od 150 do 210 srážkových dní nad 0,1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytuje v průměru v 45-70 dnech a srážky vyšší než 10 mm se během roku vyskytují v průměru maximálně ve 20-32 případech, ale na hřebenech i častěji. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: 45-60 mm, 60-80 mm, méně než 60-100 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.3.2 – Podélný profil Dědiny (VÚV, 2009).

Hnědé horské půdy s přechody k podzolům se v tomto povodí proměňují v nižších nadmořských výškách tohoto povodí na hnědé půdy vrchovin. Ve vyšších polohách jde tedy především o půdy převážně silně šterkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50 %, v nižších polohách se nachází hlavně půdy hlinitopísčité a písčitohlinité (10-30 % jílnatých částic) a tyto půdy jsou také často s obsahem skeletu v rozmezí 10-50 % (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
442	23.7.1998	188	1.4.1962
190	17.7.1965	162	9.3.2000
190	5.7.1958	157	9.2.1946

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	35,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	7,85	21,1	29,5	56,3	71,4	Průměrný roční průtok:	0,92	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

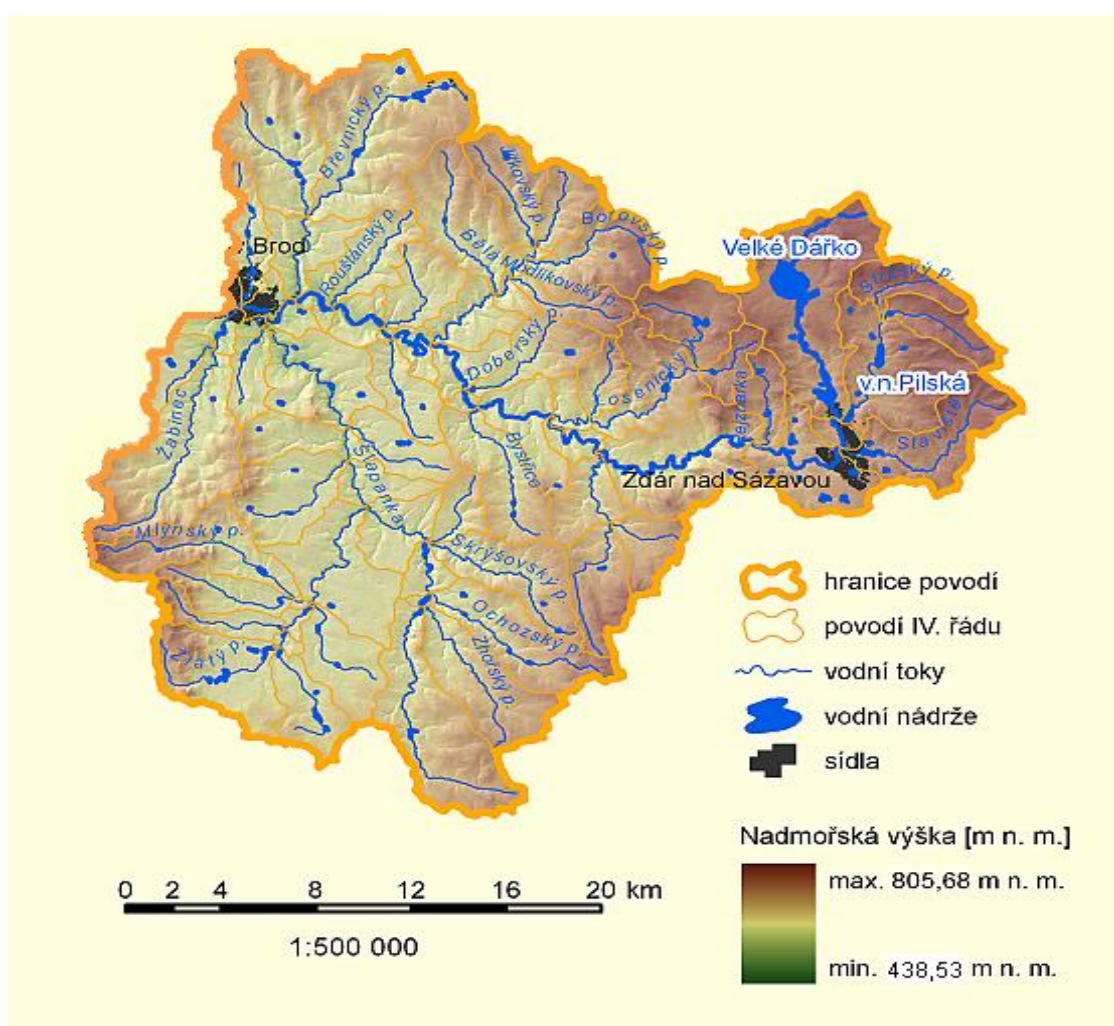
Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	30,70	[km]
bdělost	100	11,2	Plocha povodí:	74,54	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	130	17,5	Nula vodočtu:	305,03	[m.n.m.]
ohrožení	160	23,9			

Tab. 2.3.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Dědiny (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.4 Povodí horní Sázavy, Havlíčkův Brod

Povodí horní Sázavy se rozkládá na západním úpatí Žďárských vrchů. Po profil v Havlíčkově Brodě má rozlohu 381,06 km<sup>2</sup>, což je však pouze necelých 9 % celkové rozlohy povodí Sázavy. Stanice v Havlíčkově Brodě patří do kategorie A a provozuje ji ČHMÚ Praha (ČHMÚ, 2009a).

Povodí horní Sázavy až po profil v Havlíčkově Brodě má pahorkatinný až vrchovinný charakter s převahou nadmořských výšek od 400 do 800 m n.m. Řeka Sázava pramení jako Stružný potok severozápadně od Šindelního vrchu v nadmořské výšce 720 m. Tento potok spolu z dalšími napájí Velké Dářko. Od výtoku z Velkého Dářka se říčka nazývá Sázava (Kunský, 1968). Havlíčkovým Brodem protéká Sázava v nadmořské výšce 439 m.

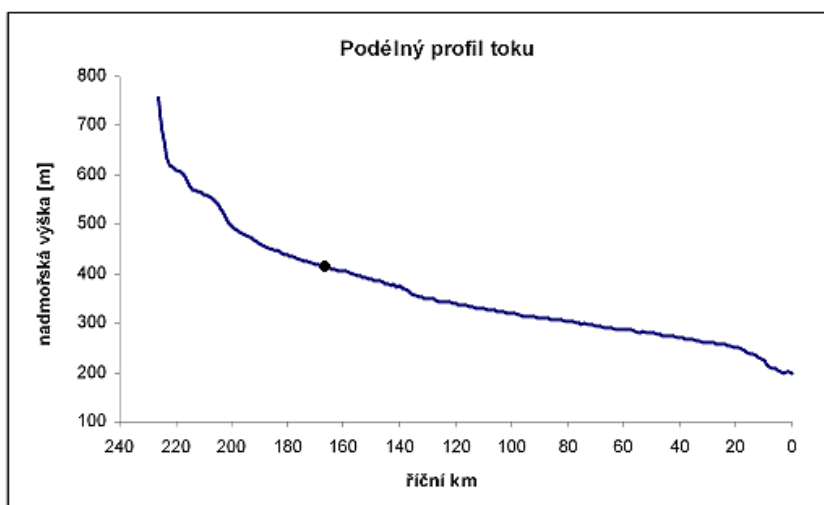


Obr.2.4.1 – Povodí horní Sázavy (VÚV, 2009).

O její pramen se v minulosti vedly spory, neboť zdrojnice odtékající z Velkého Dářka, dnes pojmenovaná jako Sázava, se původně jmenovala Polná. Naopak současný Stružský potok je v kronikách uváděn jako Sázava, což má i své hydrologické opodstatnění ve větší ploše povodí i větším průměrném průtoku v místě soutoku obou zdrojnic (Ludvík, 2005).



Průměrný roční úhrn srážek se v povodí horní Sázavy pohybuje od 650 do 900 mm s tím, že v letním půlroce v průměru spadne od 400 do 500 mm. Srážkově nejbohatší bývají měsíce červen a červenec s 80-100 mm a naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje v říjnu nebo v únoru (30-50 mm). Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se také v tomto povodí pohybuje v rozmezí 10-20 %. Během roku se zde většinou vyskytne od 150 do 190 srážkových dní nad 0,1 mm, více než 100 dní se srážkami nad 1 mm, nad 5 mm srážek se obvykle vyskytne 40-60 krát a srážky vyšší než 10 mm jsou v tomto povodí zaznamenány v průměru osmadvacetkrát. Průměrná maxima jednodenní, dvoudenní a třídenních srážek jsou následující: do 35-45 mm, 40-50 mm, 50-70 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.4.2 – Podélný profil horní Sázavy (VÚV, 2009).

V nejvyšších polohách povodí se nachází především hnědé horské půdy s přechodem k podzolům, v těch nižších se jedná především o hnědé půdy vrchovin a podzoly, místy se vyskytují půdy illimerizované a oglejené. Ve vyšších polohách se opět nachází především půdy převážně silně šterkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50%. V nižších polohách se jedná zejména o půdy hlinitopísčité a písčitohlinité s 10-30 % jílnatých částic, místy se vyskytují půdy hlinité, ve kterých jílnaté částice tvoří 30-45 % (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší vodní stav 279 cm byl zaznamenán při povodních 14.8.2002.

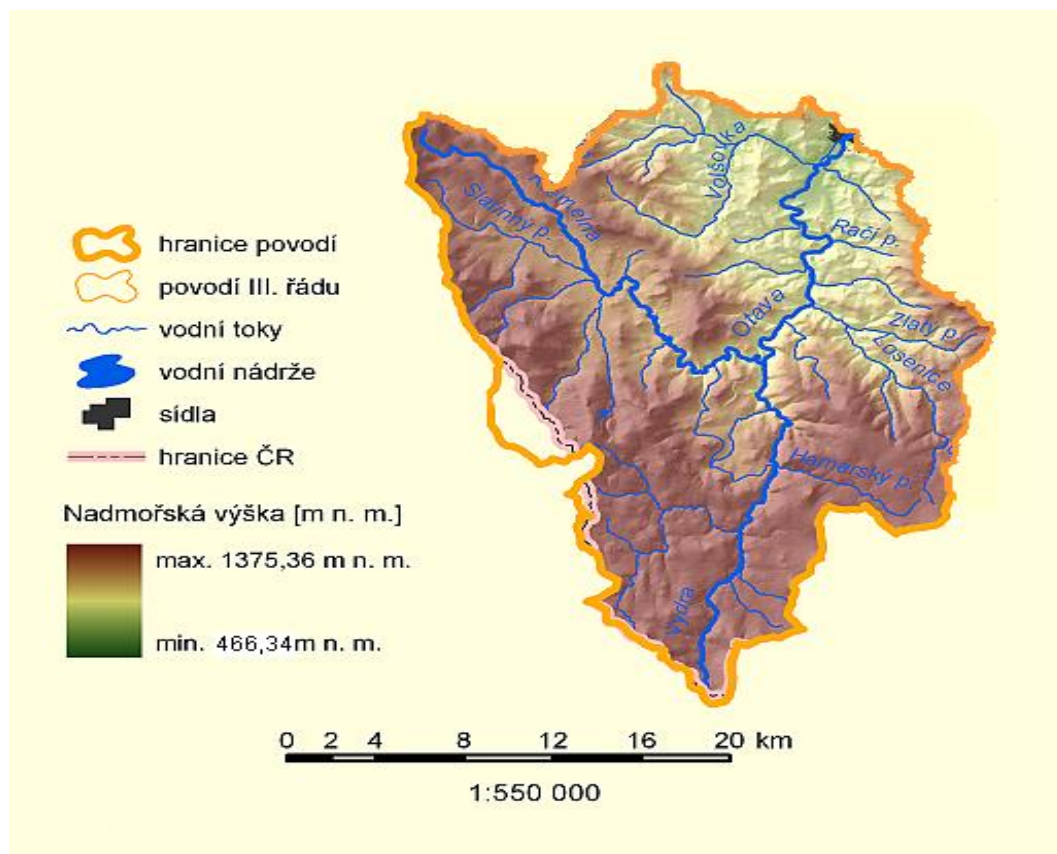
N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	60,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	45,8	80,9	97,1	136	154	Průměrný roční průtok:	3,38	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Stupně povodňové aktivity:	[cm]		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]		Staničení:	166,90	[km]	
bdělost	180		28,8		Plocha povodí:	381,06	[km <sup>2</sup> ]	
pohotovost	210		39,2		Nula vodočtu:	438,53	[m.n.m.]	
ohrožení	240		51,3					

Tab.2.4.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Sázavy (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.5 Povodí horní Otavy, Sušice

Za hlavní zdrojnicí Vydry je považován Luzenský potok, který pramení na státní hranici s Německem na severozápadním svahu Luzného v nadmořské výšce kolem 1200 m. Po následném soutoku s Březnickým potokem vzniká Modravský potok. Teprve od jeho soutoku s Roklanským a Filipohuťským potokem, nedaleko osady Modrava, nese řeka název Vydra. Po více než 23 km jejího toku se zleva vlévá řeka Křemelná a po jejich soutoku nedaleko Čenkovy Pily vzniká Otava, která pak protéká profilem v Sušici v nadmořské výšce 466 m. Řeka Křemelná pramení v Železnorudské hornatině pod Můstkem na severním svahu Pancíře v nadmořské výšce 1120 m (Kunský, 1968). Na svém více než 30 kilometrovém toku nejdříve vytváří otevřené údolí s četnými slatěmi a meandry, aby se v závěru svého toku před soutokem s Vydrou hluboce zařezala a vytvořila kaňon.

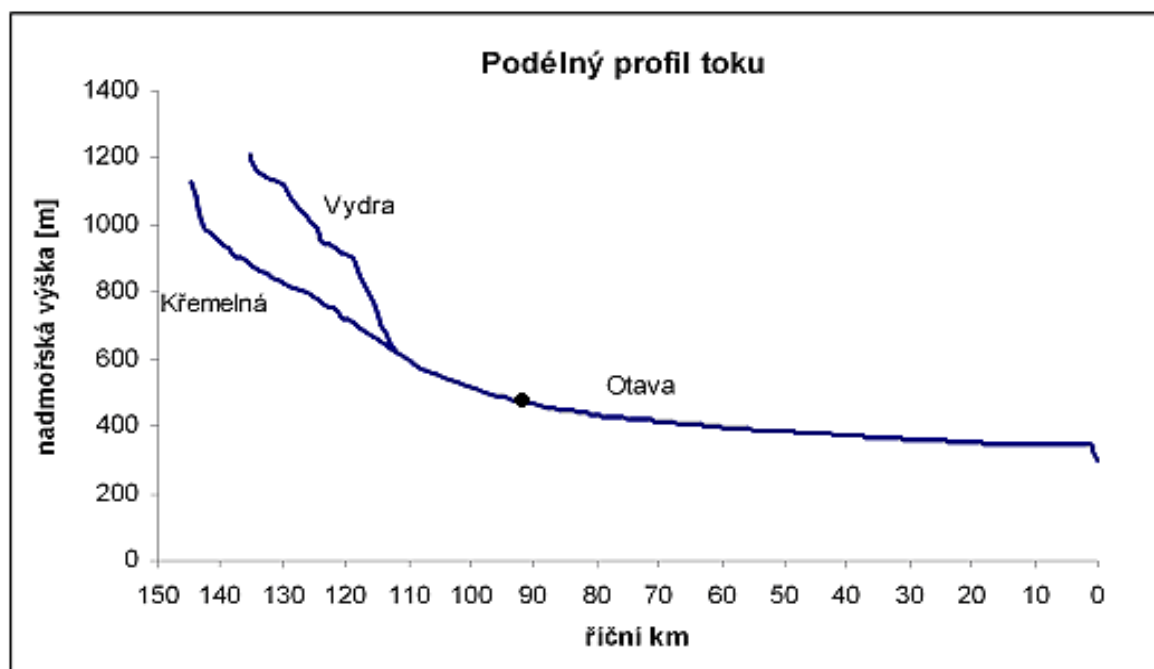
Celé horní povodí Otavy se nachází v západní části Šumavy u hranic s Německem a až po profil v Sušici má rozlohu 534,46 km<sup>2</sup>, což je přibližně 14 % celkové rozlohy povodí Otavy. Stanice v Sušici patří do kategorie A. Provozuje ji ČHMÚ České Budějovice, přestože povodí horní Otavy patří do Plzeňského kraje (ČHMÚ, 2009a). Povodí má reliéf vrchoviny až hornatiny s převahou nadmořských výšek 600-1000 m s tím, že hlavní Šumavský hřeben se nachází ve výškách od 1000 do 1400 m n.m.



Obr.2.5.1 – Povodí horní Otavy (VÚV, 2009).

Průměrný roční úhrn srážek se v povodí horní Otavy pohybuje od 700 mm výše s tím, že na hřebenech Šumavy srážky výrazně převyšují i 1000 mm. V letním půlroce obvykle spadne od 400 do 700 mm. Nejdeštivější bývají měsíce červen a červenec (výjimečně srpen) s úhrny od 80 do 140 mm a naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje dle Atlasu podnebí v únoru (30-100 mm). Přesto i v zimě jsou zde srážkové úhrny poměrně vysoké, protože se zde vyskytuje podružné srážkové maximum.

Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se v tomto povodí pohybuje v rozmezí 5-20 %. Během roku se zde v průměru vyskytne od 150 do 210 srážkových dní nad 0,1 mm, 110-150 dní, kdy spadne nad 1 mm srážek a srážky nad 5 mm se zde vyskytují v průměru v 40-70 dnech. Významnější srážky vyšší než 10 mm se během roku vyskytují obvykle více než třicetkrát. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: do 40-70 mm, 50-100 mm, do 60-120 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.5.2 – Podélný profil horní Otavy (VÚV, 2009).

Na většině území tohoto povodí se vyskytují převážně hnědé horské půdy s přechody k podzolům a také na Šumavě poměrně rozsáhlé plochy s rašelinnými půdami. Pouze v nejnižších částech povodí se jedná o hnědé půdy vrchovin, někde také se sklonem k podzolům. Tudíž se opět z velké části jedná o půdy převážně silně šterkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50 % a pouze v nižších nadmořských výškách se jedná o hlinitopísčité či písčitohlinité půdy s obsahem jílnatých částic v rozmezí 10-30 % (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
287	12.8.2002	283	21.12.1993
270	9.7.1954	232	8.2.1946
258	31.5.1940		

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	47,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	101	185	225	323	369	Průměrný roční průtok:	10,50	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

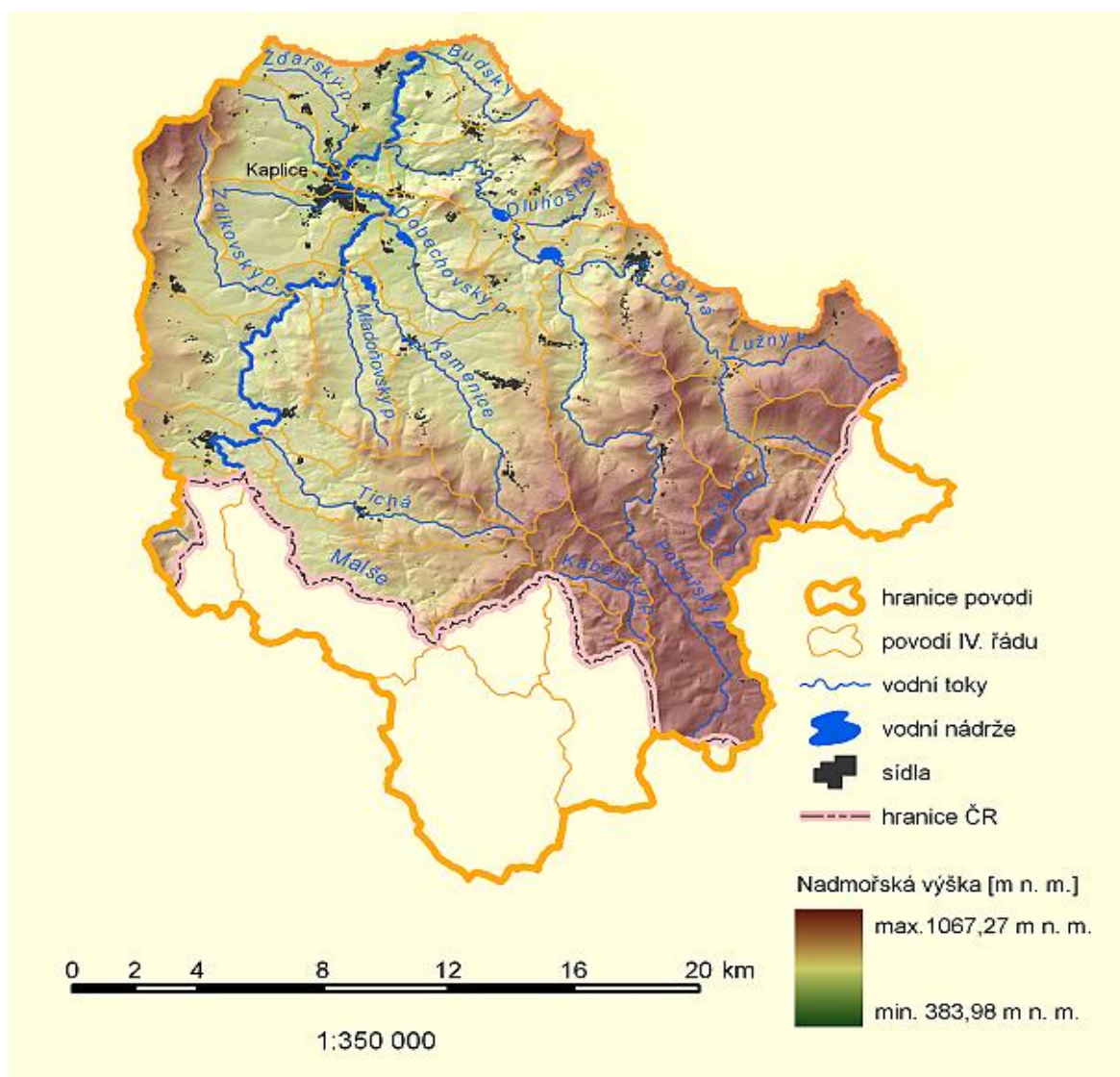
Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	91,70	[km]
bdělost	120	63,8	Plocha povodí:	534,46	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	150	94,3	Nula vodočtu:	466,34	[m.n.m.]
ohrožení	175	127			

Tab.2.5.1 – vybrané hodnoty o povodí horní Otavy (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

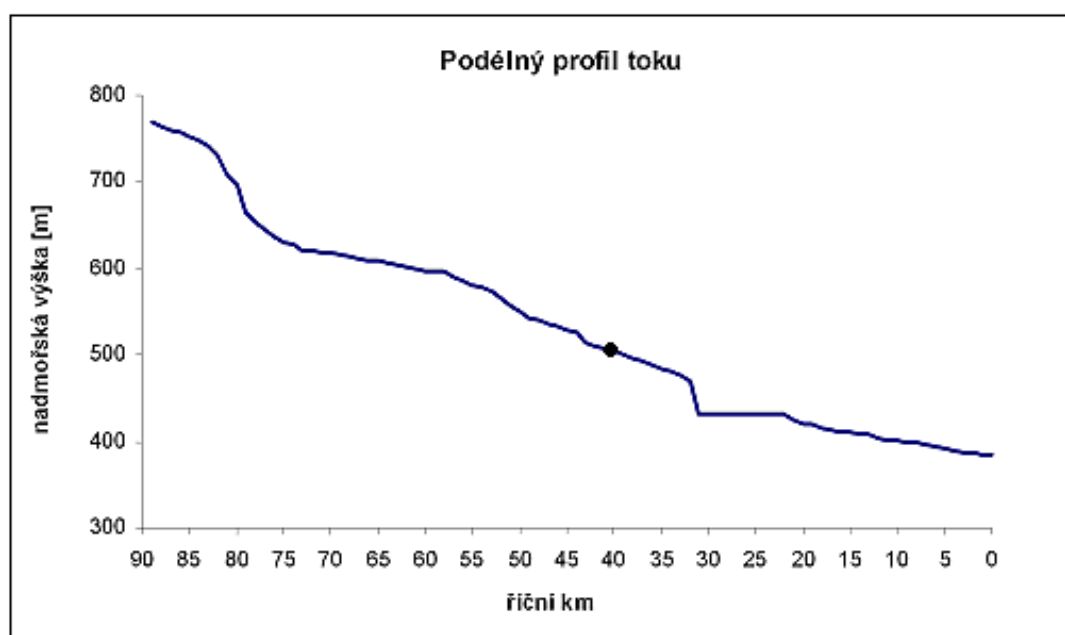
## 2.6 Povodí horní Malše, Pořešín

Horní povodí řeky Malše se rozkládá na rozloze 436,83 km<sup>2</sup> v Jihočeském kraji a jižní část povodí tvoří hranici s Rakouskem. Stanice v Pořešíně patří do kategorie A a provozuje ji ČHMÚ České Budějovice (ČHMÚ, 2009a). Povodí má vrchovinný až hornatý reliéf s převahou nadmořských výšek 600-1000 m n.m. Řeka Malše pramení pod jménem Maltsch v Rakousku na severovýchodním úbočí hory Viehberg v nadmořské výšce asi 900 m. Následně pak v úseku dlouhém 22 km tvoří státní hranici a u Dolního Dvořiště definitivně vstupuje na české území. Na českém území řeka teče zhruba k severu poměrně hlubokým meandrovým údolím (Kunský, 1968). Profilem nedaleko Pořešína protéká v nadmořské výšce 493 m.

Průměrný roční úhrn srážek se v povodí horní Malše pohybuje od 600 mm výše s tím, že v nejvyšších polohách Novohradských hor přesahuje i 1000 mm. V letním půlroce obvykle spadne od 400 do 600 mm. Nejdeštivější bývají měsíce červen a červenec s úhrny od 80 do 120 mm (výjimečně srpen) a naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje v lednu (do 40 mm). V nejvyšších polohách povodí se však v zimě vyskytuje podružné maximum. Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se v tomto povodí pohybuje v rozmezí 20 a více než 30 %. Během roku se zde zpravidla vyskytne od 140 do 190 dní se srážkami nad 0,1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytuje v průměru v 35-60 dnech a srážky vyšší než 10 mm se během roku vyskytují v průměru maximálně osmadvacetkrát. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: do 40-60 mm, 50-70 mm, do 60-80 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.6.1 – Horní povodí Malše (VÚV, 2009).



Obr.2.6.2 – Podélný profil horní Malše (VÚV, 2009).

Pouze v nejvyšších částech povodí se vyskytují hnědé horské půdy s přechodem k podzolům, nebo podzoly samotné, zatímco v nižších polohách se jedná zejména o hnědé půdy vrchovin, ale i zde se místy objeví půdy podzolované. Z hlediska druhu půd se tak z velké části jedná o půdy hlinitopísčité nebo písčitohlinité s obsahem jílnatých částic v rozmezí 10-30 % a místy také s obsahem skeletu (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
457	8.8.2002		
255	14.5.1996		
176	2.8.1991		

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	51,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	37	106	148	277	348	Průměrný roční průtok:	4,05	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	40,10	[km]
bdělost	110	25,1	Plocha povodí:	436,83	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	155	46,5	Nula vodočtu:	492,93	[m.n.m.]
ohrožení	190	69,0			

Tab.2.6.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Malše (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

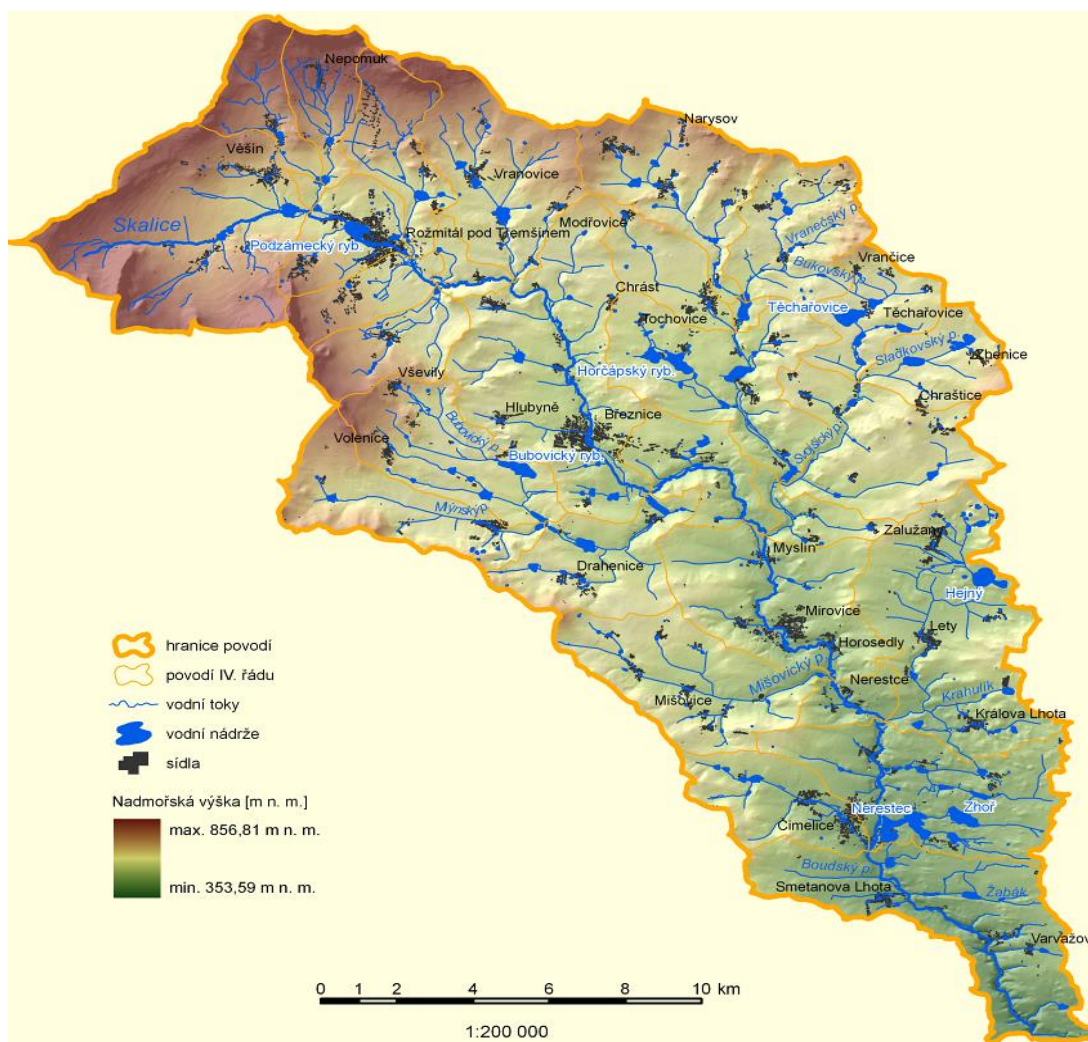
## 2.7 Povodí Skalice, Varvažov

Povodí řeky Skalice se nachází na pomezí Středočeského a Jihočeského kraje. S rozlohou 368,53 km<sup>2</sup> se řadí mezi největší sledovaná povodí. Stanice ve Varvažově patří do kategorie A a provozuje ji ČHMÚ České Budějovice (ČHMÚ, 2009a). Povodí má pahorkatinný až vrchovinový reliéf s převahou nadmořských výšek 400-600 m. Pouze v západním cípu povodí v Brdech přesahují nadmořské výšky i 800 m.n.m. Řeka Skalice pramení pod Kobylí hlavou v Brdech jako Kotelský potok v nadmořské výšce asi 680 m. Nedaleko za závěrovým profilem ve Varvažově se vlévá v nadmořské výšce 346 m do řeky Lomnice (Kunský, 1968).

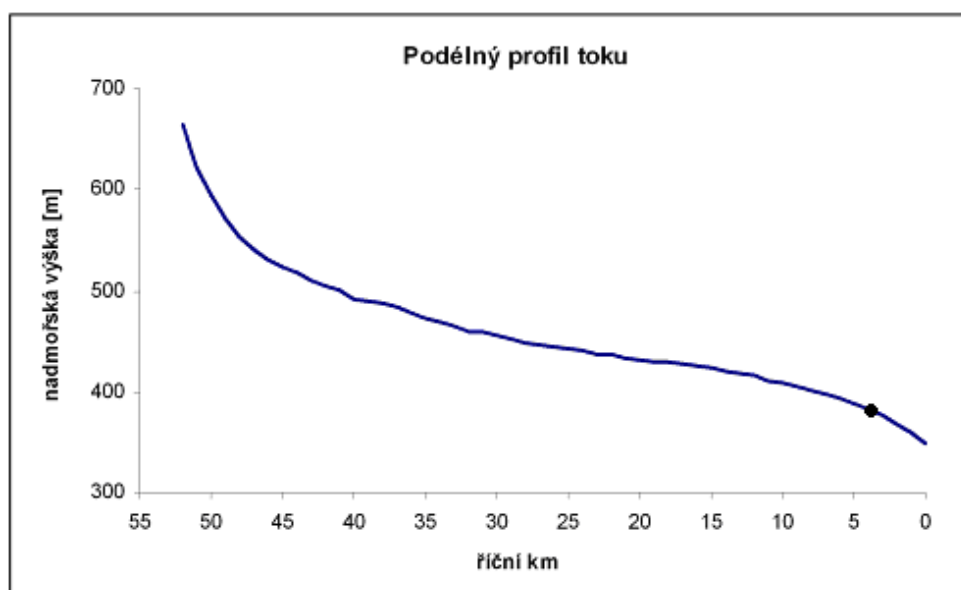
Průměrný roční úhrn srážek se v povodí Skalice pohybuje od 550 do 800 mm s tím, že v letním půlroce obvykle spadne od 350 do 500 mm. Nejdeštivější bývají měsíce červen a červenec (výjimečně srpen) a naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje v lednu (do 50 mm). Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se v tomto povodí pohybuje v rozmezí 15-25 %. Během roku se zde zpravidla vyskytne 130 - 190 srážkových dní nad 0,1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytuje v průměru v 30-60 dnech a srážky vyšší než 10 mm jsou během roku zaznamenány v průměru maximálně dvacetkrát. Průměrná maxima jednodenních,



dvoudenních a třídních srážek jsou následující: do 35-45 mm, 40-50 mm, do 50-70 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.7.1 – Povodí Skalice (VÚV, 2009).



Obr.2.7.2 – Podélný profil Skalice (VÚV, 2009).

V nejvyšších polohách tohoto povodí se vyskytují zejména hnědé půdy vrchovin a podzoly. Pod Brdami se místy vyskytují půdy illimerizované a oglejené a v nejnižších částech povodí se jedná především o hnědé půdy nižších poloh. Je tedy jasné, že i druhové složení půd bude rozmanité. Ve vyšších polohách tohoto povodí se objevují půdy převážně jílovité až jíly, případně jílovitohlinité (jen výjimečně pouze hlinité), zatímco v těch nižších nadmořských výškách se můžeme setkat s hlinitopísčitou či písčitohlinitou půdou (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
406	13.8.2002	250	9.2.1948
285	22.7.1980	230	14.3.1940
		225	4.4.1947

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	83,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	18	47	65	120	151	Průměrný roční průtok:	1,50	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	3,50	[km]
bdělost	150	16,0	Plocha povodí:	368,53	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	180	28,0	Nula vodočtu:	380,48	[m.n.m.]
ohrožení	250	65,0			

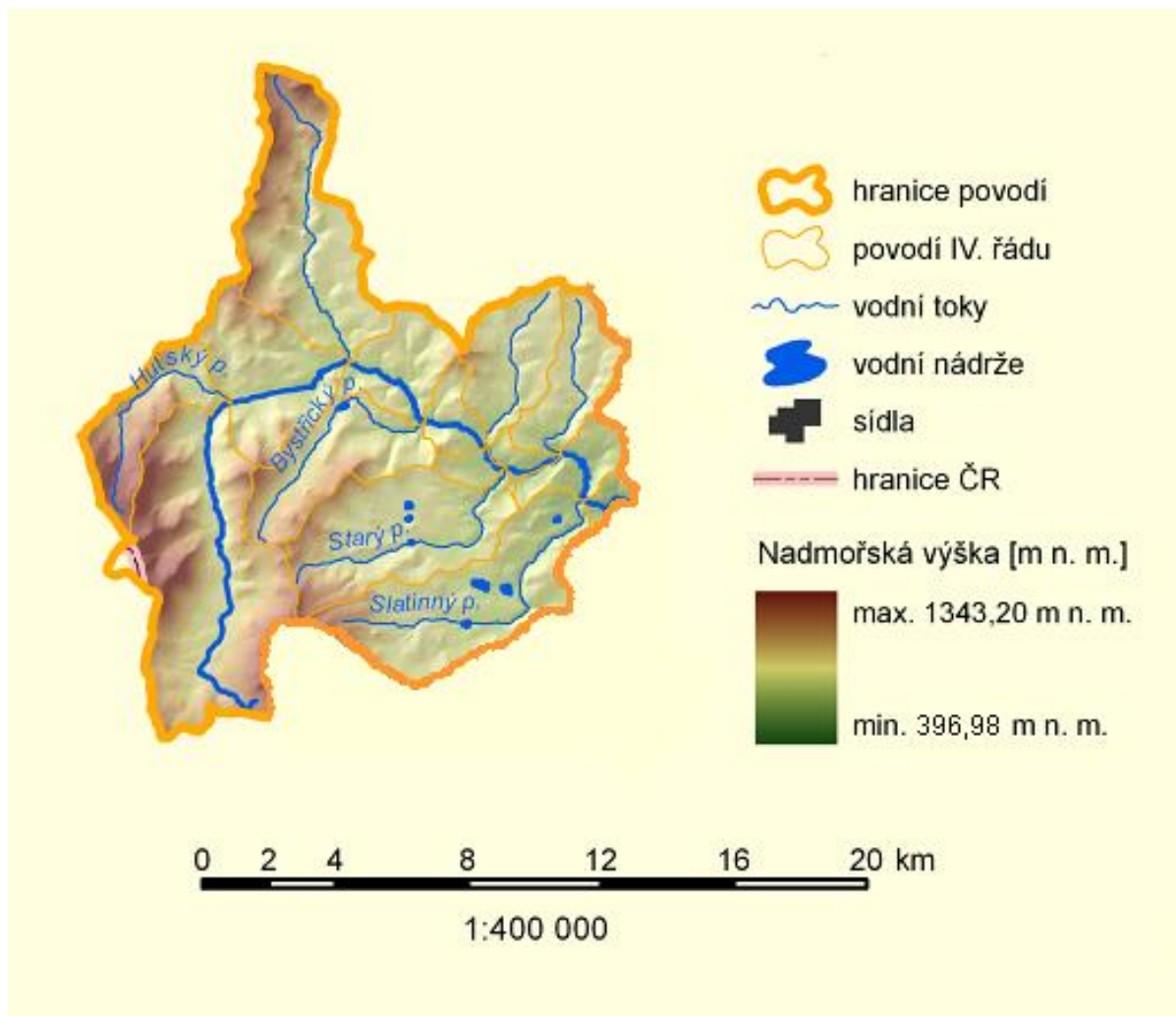
Tab.2.7.1 – Vybrané hodnoty o povodí Skalice (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.8 Povodí horní Radbuzy, Tasnovice

Horní povodí řeky Radbuzy se nachází Plzeňském kraji nedaleko německých hranic. Po profil v Tasnovicích má povodí rozlohu 171,71 km.<sup>2</sup>, což tvoří pouze 13,6 % plochy celého povodí Radbuzy. Stanice v Tasnovicích patří opět do kategorie A a provozovatelem stanice je ČHMÚ Plzeň (ČHMÚ, 2009a).

Povodí má pahorkatinný až vrchovinný reliéf s převahou nadmořských výšek 400-700 m n.m. Pouze v jihozápadní části povodí v Českém lese přesahují nadmořské výšky i 800 m. Řeka Radbuza pramení pod horou Lysou (869 m) na severním pokračování čerchovského hřbetu v Českém lese a profilem v Tasnovicích protéká ve výšce 397 m n.m. (Kunský, 1968).

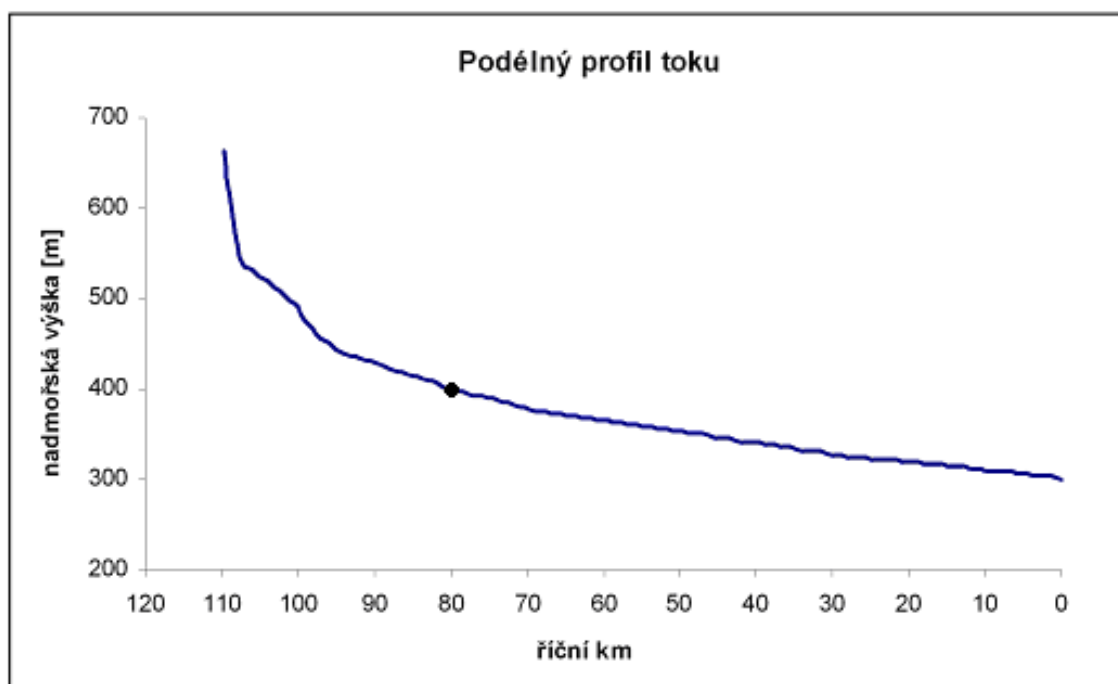




Obr.2.8.1 – Horní povodí Radbuzy (VÚV, 2009).

Průměrný roční úhrn srážek se v horním povodí Radbuzy pohybuje nad 700 mm s tím, že v letním půlroce v průměru spadne od 350 do 600 mm. Nejdeštivější bývá měsíc červenec (občas červen nebo srpen), kdy spadne obvykle od 60 do 120 mm srážek. Nejméně srážek se naopak v nižších částech povodí vyskytuje zpravidla v zimních měsících. Ve vyšších polohách, ve kterých je v zimě zaznamenáno podružné maximum, většinou na jaře nebo na podzim. Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se v tomto povodí pohybuje v rozmezí 5-25 %.

Během roku se zde zpravidla vyskytne od 140 do 210 dní se srážkami nad 0,1 mm, 100-150 dní, kdy spadne více než 1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytuje v průměru v 35 až více než 70 dnech a srážky vyšší než 10 mm se během roku vyskytnou v průměru maximálně dvaatřicetkrát. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: do 35-45 mm, 40-50 mm, do 50-70 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.8.2 – Podélný profil Radbuzy (VÚV, 2009).

Toto povodí je z hlediska půd velmi rozmanité. V nejvyšších polohách se vyskytují hnědé horské půdy s přechodem k podzolům či podzoly. V o něco málo nižších nadmořských výškách jde zejména o hnědé půdy vrchovin a podzoly a v nejnižších oblastech povodí se vyskytují jak půdy hnědé, tak illimerizované a oglejené. Druhá skladba je následující; v nejvyšších polohách se jedná o půdy převážně silně štěrkovité až kamenité s obsahem skeletu větším než 50 %, v těch nižších pak o půdy hlinitopísčité a písčitohlinité často s obsahem skeletu (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
202	13.8.2002	255	3.1.2003
		161	14.1.2004

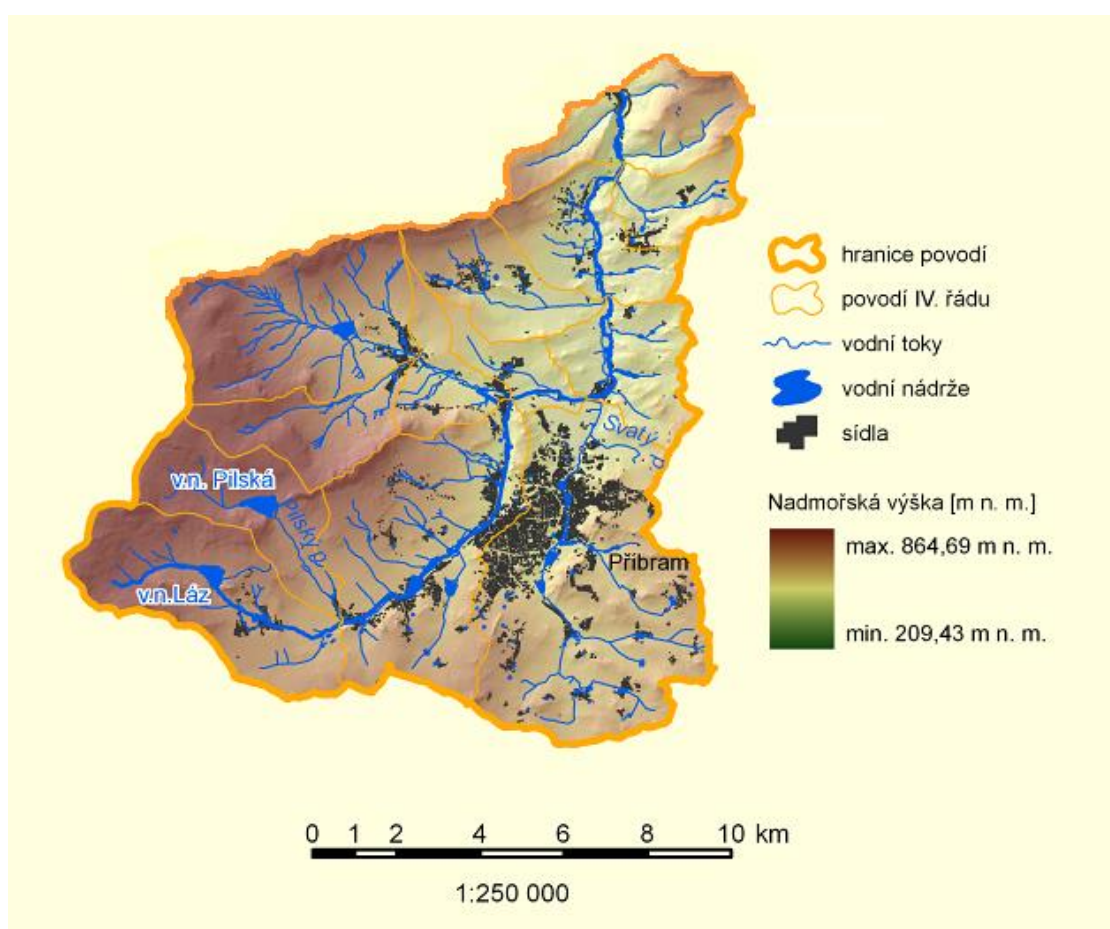
N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	37,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	14,2	37,7	51,4	92,2	114	Průměrný roční průtok:	1,07	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]

Stupně povodňové aktivity:	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Staničení:	80,20	[km]
bdělost	120	10,1	Plocha povodí:	171,71	[km <sup>2</sup> ]
pohotovost	150	14,8	Nula vodočtu:	396,98	[m.n.m.]
ohrožení	180	20,4			

Tab.2.8.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Radbuzy (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.9 Povodí horní Litavky, Čenkov

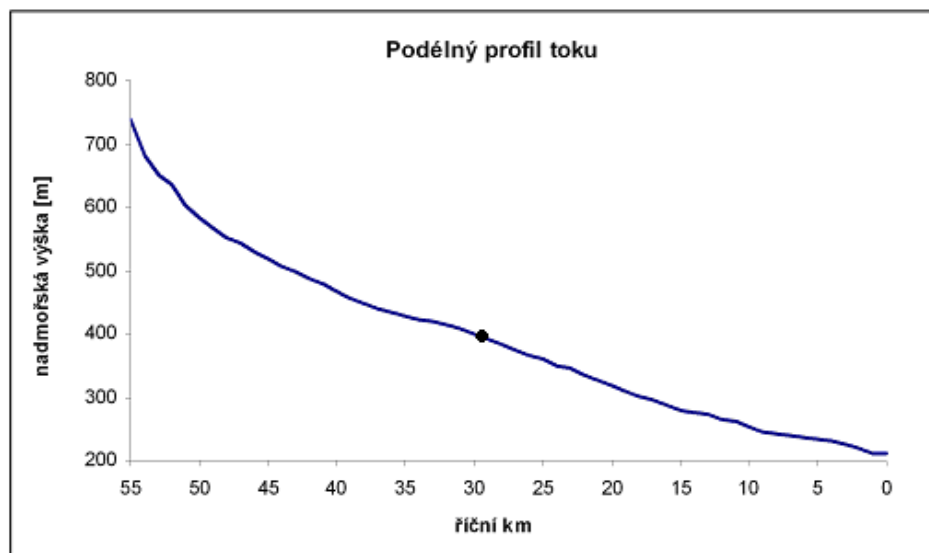
Povodí horní Litavky se rozkládá na jihozápadě Středočeského kraje na severovýchodním úpatí Brd. Až po závěrový profil v Čenkově má rozlohu 157,16 km<sup>2</sup>. Stanice v Čenkově patří do kategorie A a provozuje ji ČHMÚ Praha (ČHMÚ, 2009a). Povodí Litavky až po profil v Čenkově má vrchovinný charakter s převahou nadmořských výšek od 500 do 800 m. Řeka Litavka pramení v Brdech v nadmořské výšce 765 m na severním svahu Malého toku (Kunský, 1968). Prvních několik kilometrů spadá prudce z kopců jihovýchodním směrem, ale záhy se natrvalo stáčí k severovýchodu až severu a protéká poměrně hlubokým údolím, které odděluje centrální Brdy od jejich východní části. Profilem v Čenkově protéká v nadmořské výšce 382 m.



Obr.2.9.1 – Horní povodí Litavky (VÚV, 2009).

Průměrný roční úhrn srážek se v povodí horní Litavky pohybuje od 550 do 800 mm s tím, že v letním půlroce v průměru spadne stejně jako v povodí Skalice od 350 do 500 mm. Nejdeštivější bývají opět měsíce červen a červenec (výjimečně srpen) a naopak nejméně srážek se zpravidla vyskytuje v lednu nebo v únoru (20-50 mm). Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek se také v tomto povodí pohybuje v rozmezí 15-25 %. Během roku se

zde většinou vyskytne od 150 do 190 srážkových dní nad 0,1 mm, více jak 100 dní se srážkami nad 1 mm, nad 5 mm srážek se vyskytne v průměru 30-60 krát a srážky vyšší než 10 mm se v průměru vyskytnou maximálně dvacetkrát. Průměrná maxima jednodenních, dvoudenních a třídních srážek jsou následující: do 35-45 mm, 40-50 mm, do 50-70 mm (Tolasz, 2007).



Obr.2.9.2 – Podélný profil Litavky (VÚV, 2009).

V nejvyšších polohách tohoto povodí se vyskytují zejména hnědé půdy vrchovin a podzoly. Pod Brdami se místy vyskytují půdy illimerizované a oglejené a v nejnižších částech povodí se jedná především o hnědé půdy nižších poloh. Ve vyšších polohách tohoto povodí se, tedy co se druhové skladby týče, objevují půdy převážně jílovité až jíly, případně jílovitohlinité (jen výjimečně pouze hlinité). V nejnižších nadmořských výškách vybraného povodí se můžeme setkat s hlinitopísčitou či písčitohlinitou půdou (Atlas ČSSR, 1984).

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:			
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
235	13.8.2002	107	16.1.1968
141	22.8.1977	100	12.3.1979
105	18.6.1979		

N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Průměrný roční stav:	25,00	[cm]
[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	10,3	31,8	45,5	89,2	114	Průměrný roční průtok:	0,86	[m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
Stupně povodňové aktivity:	[cm]		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]		Staničení:	28,80	[km]	
bdělost	75		17,8		Plocha povodí:	157,16	[km <sup>2</sup> ]	
pohotovost	100		30,1		Nula vodočtu:	381,88	[m.n.m.]	
ohrožení	150		59,1					

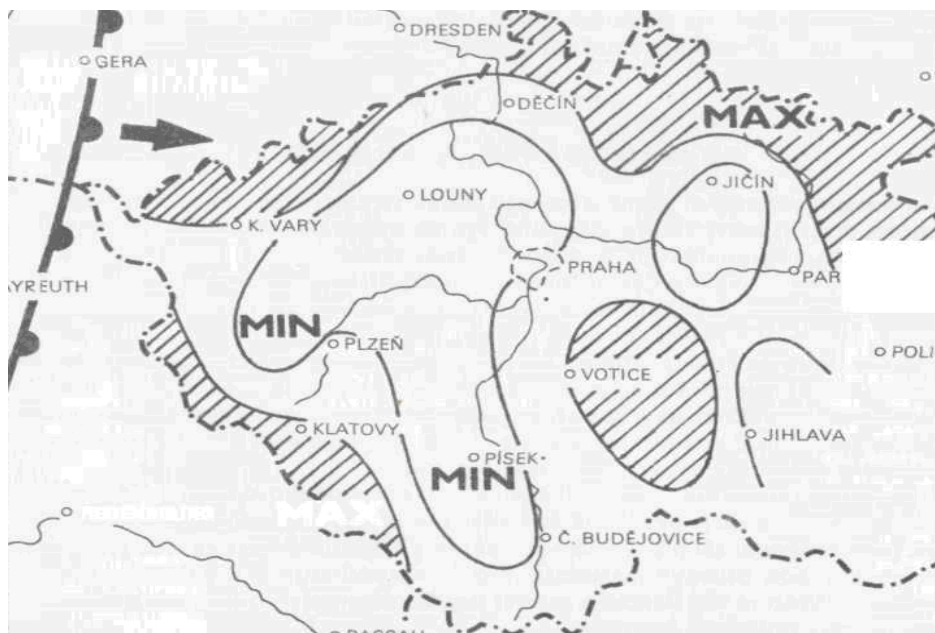
Tab.2.9.1 – Vybrané hodnoty o povodí horní Litavky (zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

## 2.10 Srážkově významné synoptické situace

**Jihozápadní cyklonální situace (SWc<sub>1-3</sub>):** Přes střední Evropu postupují opakující se frontální systémy od jihovýchodu. Přitom čím silnější proudění se vyskytuje, tím vyšší srážkové úhrny můžeme očekávat v důsledku návětrí hor, kde dochází k orografickému zesílení srážek. Vliv orografického zesílení lze tedy očekávat ve všech vybraných horských povodí, a to i včetně Otavy po Sušici, kde je výrazně exponovaná západní část povodí na Prášílsku a v okolí Březníku (Vlasák, 2000). Naopak vliv návětrí se při této situaci neuplatňuje v povodích Litavky, Skalice a pouze okrajově na horní Sázavě.

Naopak při slabším proudění může docházet ke slábnutí frontálních systémů při svém postupu k severovýchodu a vyšší srážkové úhrny vypadávají pouze v povodích nacházejících se v JZ části povodí Labe.

**Západní cyklonální situace (Wc):** Při této situaci ovlivňují frontální systémy především západním směrem orientovaná pohoří v povodí Labe, kde se také obvykle vyskytují nejvýznamnější srážkové úhrny. Výrazně orograficky zesílené srážky se tedy mohou vyskytovat v horních povodích Jizery, Úpy, Dědiny, Radbuzy, Otavy a částečně také Sázavy. Naopak srážkový stín se při těchto situacích vyskytuje především v povodí Skalice, Litavky a částečně také Malše (Brádka, 1970).



Obr.2.10.1 - Schematicky znázorněné zesílení (čárkovaně) a zeslabení a výskyt absolutních maxim a minim 24 h srážkových úhrnů na srážkově významných teplých a okluzních frontách, postupujících od západu k východu přes Česko (Brázdil, Štekl, 1986).

**Severozápadní cyklonální situace (NWc):** Při této povětrnostní situaci se do prostoru střední Evropy dostává vlhký vzduch z oblasti Severního moře, který je příčinou velmi



bohatých srážkových úhrnů. Čím silnější toto proudění je, tím vyšší srážkové úhrny se dají, především na návětrných svazích hor, očekávat (Seifert, 1994). Orograficky zesílené srážky se vyskytují ze zkoumaných povodí především v povodí horní Jizery a Malše, ale velmi vysoké srážkové úhrny se mohou vyskytnout i v horních povodích Otavy, Radbuzy a Sázavy. Naopak povodí Úpy, Dědiny, Skalice a Litavky jsou spíše chráněny, ale i přesto tam mohou být zaznamenány vysoké srážkové úhrny.



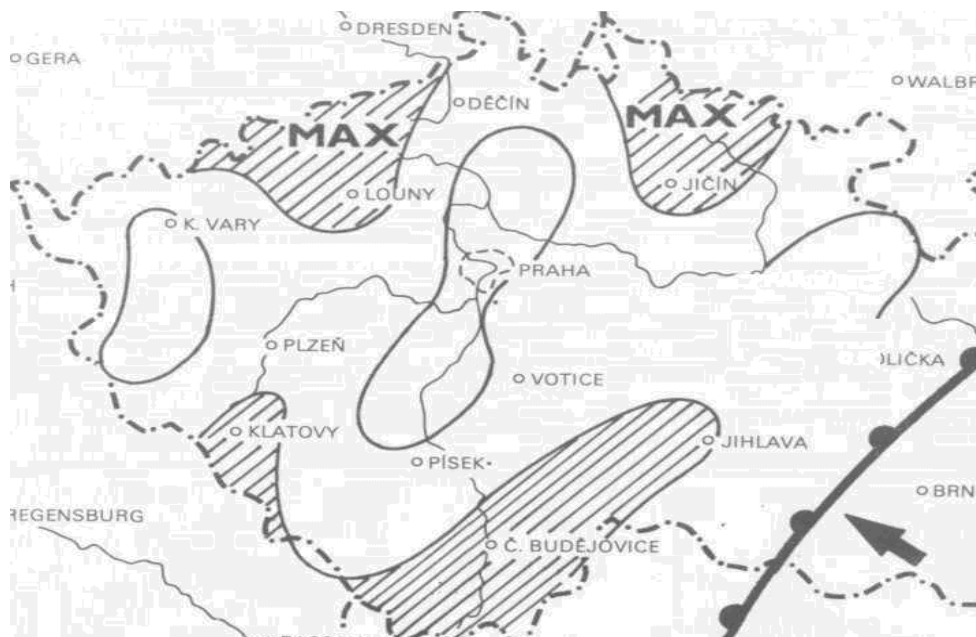
*Obr.2.10.2 - Schematicky znázorněné zesílení (čárkovaně) a zeslabení a výskyt absolutních maxim a minim 24 h srážkových úhrnů na srážkově významných okluzních nebo teplých frontách, postupujících od severozápadu k jihovýchodu přes Česko (Brázdil, Štekl, 1986).*

**Severní cyklonální situace (Nc):** Vlhké vzduchové hmoty mohou při této situaci postupovat přes německé a polské nížiny k jihu až do oblasti střední Evropy, kde především na severních návětrných svazích dávají vzniknout orograficky zesíleným srážkám (Seifert, 1994). Frontální systémy během této povětrnostní situace přinášejí do povodí Labe bohaté srážkové úhrny do povodí horní Jizery, Úpy, Otavy a Malše, méně výrazně pak i do povodí Radbuzy a Sázavy. Naopak srážkový stín se projevuje v povodí Dědiny, Skalice a Litavky.

Při **severovýchodní cyklonální situaci (NEc)** se také výrazně projevuje návětrí v povodí horní Jizery a Úpy. Srážkový stín severních pohraničních hor se pak projevuje téměř na celém území Čech a projevuje se i v povodí Dědiny a Sázavy. K opětovnému zesílení srážek dochází s rostoucí nadmořskou výškou směrem k JZ s tím, že k největšímu zesílení srážek dochází v povodí Otavy, Radbuzy a také Malše.

**Jihovýchodní cyklonální situace (SEc):** Při přechodu frontálních systémů od JV se návětrí projevuje na severních pohraničních horách v povodí Jizery a Úpy, tedy v místech, kde je orograficky zesílené jihovýchodní proudění. Zesílení srážek se projevuje i v povodí

Malše a Sázavy a částečně i v povodí horní Litavky, Skalice a Otavy. Srážkový stín se naopak projevuje v povodí Dědiny a Radbuzy.



*Obr.2.10.3 - Schematicky znázorněné zesílení (čárkovaně) a zeslabení a výskyt absolutních maxim a minim 24 h srážkových úhrnů na a před srážkově významnými teplými frontami, postupujícími od jihovýchodu k severozápadu přes povodí Labe (Brázdil, Štekl, 1986).*

**Brázda nízkého tlaku ve střední Evropě (Bc):** Tato povětrnostní situace může velmi významně ovlivnit roční srážkové úhrny ve všech vybraných povodích (Seifert, 1994). Severovýchodní proudění po zadní straně a jihozápadní po přední, vytvářejí v prostoru střední Evropy výrazné teplotní kontrasty, které mohou vést k výraznému zesílení srážek, často dále podporované výskytem stříhu větru.

**Cyklóna ve střední Evropě (C):** Tyto synoptické situace vznikají velmi často po přechodu zvlněné studené fronty od západu či jihozápadu dále přes střední Evropu. Nad Alpami často dojde k jejímu zpomalení a do severozápadního Středomoří pronikne studený vzduch. To má velmi často za následek vznik tlakové níže v oblasti severní Itálie (Janovské tlakové níže), které následně směřují k severovýchodu až nad východní Polsko či západní Ukrajinu. Odtud tlakové níže mohou odcházet dále k severovýchodu a vyplňovat se, nebo dochází k jejich retrográdnímu postupu zpět k západu a postupnému vyplňování. Tato srážková situace obvykle ve střední Evropě trvá 1-3 dny, ale ve výjimečných případech se opakuje dvakrát v blízké době po sobě, případně mohou srážky trvat i déle, pokud tomu podmínky nahrávají jako v roce 1997, kdy byl retrográdní postup blokován tlakovou níží nad jižní Skandinávií. Zesílení tlakového gradientu pak může způsobit zvýšení rychlosti větru

severních směrů a v důsledku toho se může výrazně projevit návětrný efekt našich severních pohraničních hor (ČHMÚ, 1998, 2003).

**Konvektivní srážky:** Konvekce je způsobena archimédovskými vztlakovými silami. Konvekční pohyby vznikají ve formě pohybu jednotlivých vzduchových bublin (termická konvekce) nebo též při obtékání orografických překážek (vynucená konvekce). Nejmarkantnějším příznakem je tvorba kupovité oblačnosti typu cumulus (kupa) a cumulonimbus (bouřkový oblak). Rychlosti výstupných pohybů dosahují řádově až desítky m/s. Právě vznik kumulonimbů je rozhodující pro výskyt krátkodobých přívalových dešťů s trváním převážně do tří hodin. Občas může vznikat takzvaná organizovaná konvekce, při které se nad danou lokalitou opakuje několikrát výskyt bouřek. Konvektivní srážky u nás mohou vznikat jak při přechodu studených či okluzních front (přímo na frontách či před frontami), tak při vlhkém labilním proudění za frontálními systémy, ale také v nevýrazném tlakovém poli (Kakos, 2001). V porovnání s rovinou vzniká konvekční oblačnost v oblasti hor dříve, vyvíjí se do větších výšek, a proto srážky z ní vypadávající jsou vydatnější (Brázdil, Štekl, 1986).

### **3. PŘEDPOVĚDNÍ MODEL ALADIN**

Numerický předpovědní model počasí ALADIN (**A**ire **L**imitée, **A**daptation **D**ynamique, **D**evelopment **I**nternational) je určený pro omezené oblasti a krátkodobou předpověď atmosférických procesů s prostorovým krokem 9 km. Původně byl koncipován jako dynamická adaptace výsledků předpovědi globálního modelu ARPEGE na vyšší rozlišení, při kterém dochází jednak ke zpřesnění popisu intenzivních atmosférických procesů s velkou prostorovou proměnlivostí, jednak procesů vázaných na detailní popis parametrů zemského povrchu (výška terénu, půdní a vegetační parametry apod.).

V posledních letech jsou v modelu rovněž intenzivně vyvíjeny metody zpřesnění počátečních podmínek. Již v roce 1990 navrhla francouzská povětrnostní služba Meteo-France národním meteorologickým službám střední a východní Evropy vytvoření společného numerického předpovědního systému ARPEGE (ČHMÚ, 2009). Na vývoji modelu vedeném francouzskou povětrnostní službou se od roku 1991 podílí 7 evropských zemí (Francie, Rakousko, Česko, Polsko, Maďarsko, Bulharsko a Rumunsko). V současné době byl zahájen v rámci projektu ALADIN-2 vývoj nové generace modelu s prostorovým krokem 2 km, určeného k operativnímu provozu, jakož i inovované verze modelu s rozlišením 9 km, pro předpovídání v mezo-beta měřítku (ALARO) - nástupce ALADINa pro příští desetiletí (ČHMÚ, 2009).

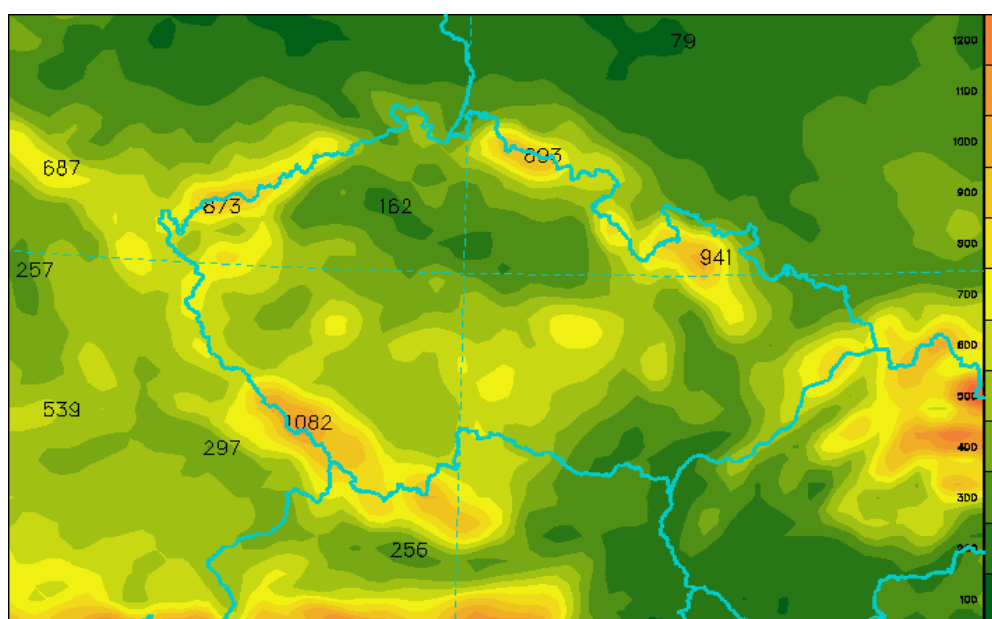


Výpočet modelu ALADIN: Model ALADIN se v ČHMÚ provozně počítá v konfiguraci ALADIN/CE na oblasti pokrývající střední, jižní a část západní Evropy. Cílem výpočtu modelu ALADIN je zpřesnění výsledků globálního modelu v modelové oblasti. Výpočet probíhá ve několika hlavních krocích:

1. Výpočet globálního modelu ARPEGE v Météo-France (Toulouse) a výběr výsledků pro modelovou oblast ALADINA a jejich přenos do ČHMÚ.
2. Interpolace polí z rozlišení ARPEGE na vyšší rozlišení a příprava počátečních dat
3. Výpočet vlastní předpovědi modelu ALADIN na 54h, při kterém se zapisují průběžné výsledky každou hodinu předpovědi.
4. Získané hrubé výsledky předpovědi ve formátu GRIB se zpracovávají do finální podoby: mapy, speciální datové soubory, aj.

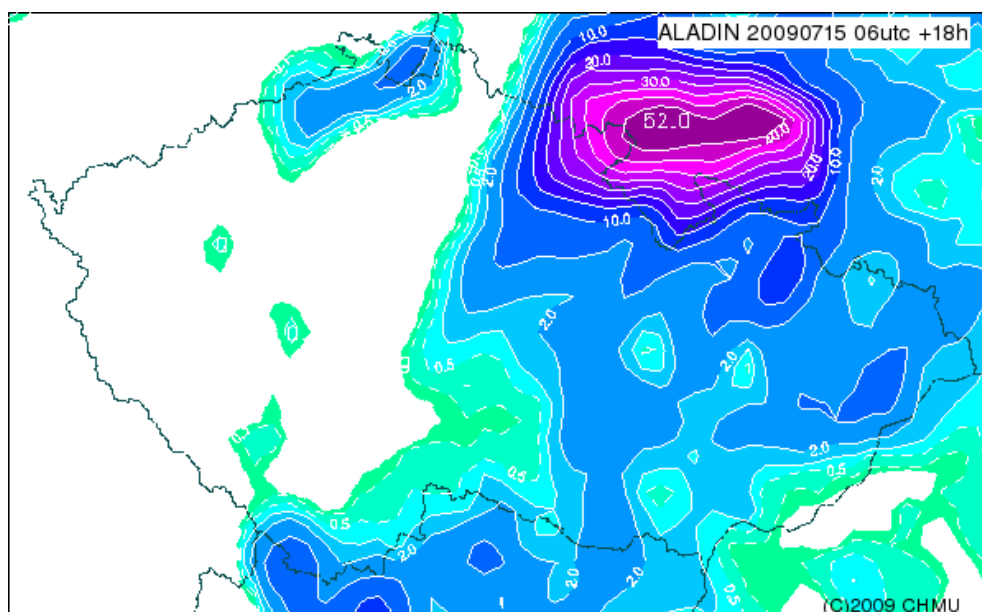
Veškeré procesy probíhají v reálném čase a jsou paralelizované, a tak jsou dílčí výsledky zpracovány v okamžiku jejich vytvoření. Tím se zkracuje celková doba výpočtu všech kroků tvorby výsledných předpovědních produktů.

Současná verze modelu ALADIN, počítaná v ČHMÚ, má horizontální krok sítě 9 km a dokáže pracovat až ve 43 výškových hladinách. Předpověď se počítá čtyřikrát denně ze stavu atmosféry v 00, 06, 12 a 18 UTC s délkou předpovědi na 54 hodin. Výsledky se zapisují s periodou 1 h. Délka časového kroku je 360 s. Horizontální krok 9 km však není dostatečný na předpovídání konvektivních srážek. Tyto srážky (lokální přeháňky a bouřky) není schopen model správně lokalizovat (ČHMÚ, 2009).



Obr.3.1 - Mapa modelové orografie modelu ALADIN (zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/ov/aladin/oper/orog.png>).

Srážky jsou výsledkem řady procesů, jejichž modelování je velmi obtížné. Detaily ve srážkovém poli menší než cca 50 km mají význam pouze jako ukazatel prostorové proměnlivosti srážek (letní odpolední přeháňky versus rozsáhlé frontální srážky). Efekty návětrí/závětrí model zachycuje, avšak v míře dané zhlazeným modelovým terénem (ČHMÚ, 2009). Konvektivní srážky model nemodeluje přímo, ale prostřednictvím parametrizace konvektivního procesu na základě dalších modelovaných prvků popisujících energetickou bilanci atmosféry.



Obr.3.2 – Výsledná předpověď srážek modelu ALADIN  
(zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/ov/aladin/results/>).

Šrafováním jsou případně vyznačeny oblasti, kde je předpovídáno sněžení nebo déšť se sněhem. Srážky jsou výsledkem řady procesů, jejichž modelování je velmi obtížné. Detaily ve srážkovém poli menší než cca 50 km mají význam pouze jako ukazatel prostorové proměnlivosti srážek (letní odpolední přeháňky versus rozsáhlé frontální srážky). Efekty návětrí/závětrí model zachycuje, avšak v míře dané zhlazeným modelovým terénem. Skupenství předpovídaných srážek (zda prší nebo sněží) může být mj. ovlivněno rozdíly výšek terénu v modelu a v realitě. Pokud tedy ve vysokých horách sněží, ale modelový terén je v daném místě nižší, může být v daném místě (chybně) předpovídán déšť (ČHMÚ, 2009).

Jak již bylo dříve zmíněno, díky tomu, že rozdělení území ČR do oblastí pro předpovědi z modelu ALADIN, bylo vytvořeno speciálně pro účely operativních hydrologických předpovědí, byly při návrhu respektovány i hranice jednotlivých povodí. Na základě toho lze naprosté většině povodí jednoznačně přiřadit příslušnou předpovědní oblast, a tedy také vlastní srážkovou předpověď.

#### 4. STATISTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ PŘEDPOVĚDI SRÁŽEK

Samozřejmě existuje velké množství různých statistických hodnotících kritérií, jež mohou být aplikovány na porovnání dvou časových řad (v našem případě pozorované a předpovídané srážky). V této práci byla aplikována rozdílná kritéria s různou vypovídající schopností. Vybrána však byla kritéria, která jsou pro hodnocení předpovědí vhodná a neposkytují zavádějící výsledky, podobné použil například Cherubini (2002). V této kapitole je proto uveden pouze jejich seznam a krátká charakteristika, vlastní výsledky jejich aplikace budou prezentovány v následujících kapitolách.

##### 4.1 Hitt-miss koeficienty

Jedním z ukazatelů úspěšnosti předpovědi jsou jednotlivá kritéria typu hitt-miss založená na analýze kontingenční tabulky. Tabulka je sestavena z četností předpovědi a výskytu určitého kategorického jevu (Daňhelka, 2008) :

		pozorování	
		ano	ne
předpověď	ano	A	B
	ne	C	D

Obr.4.1.1 – Ukázka kontingenční tabulky.

Na základě kontingenční tabulky lze určit například:

$$Accuracy = \frac{A + D}{A + B + C + D}$$

a) Přesnost předpovědi (accuracy):

Výsledné hodnoty se pohybují od 0 do +1 s tím, že 1 je ideální možný výsledek a 0 nejhorší možná výsledná varianta.

$$HR = \frac{A}{A + C}$$

b) pravděpodobnost správné předpovědi jevu (probability of detection):

Výsledné hodnoty se opět pohybují v intervalu od 0 do +1, kdy 1 je ideální výsledek a výsledky blízké nule jsou znakem velké nepřesnosti. Kritérium je rovněž známé jako hit rate.

c) pravděpodobnost nesprávné detekce (probability of false detection - POFD):

$$POFD = \frac{B}{B + D}$$

Výsledné hodnoty se i tentokrát pohybují od 0 do +1 s tím, že ideální hodnota je tentokrát 0, zatímco 1 je nejhorší možný výsledek.

$$FAR = \frac{B}{A + B}$$

d) ukazatel falešných varování (false alarm ratio - FAR):

Také výsledné hodnoty této metody spadají do intervalu 0 až +1, kdy 0 je ideální možný výsledek a 1 nejhorší možná varianta.

e) poměr správně a nesprávně předpovídaných výskytů jevu (hit-miss ratio – HMR):

$$HMR = \frac{A}{C}$$

Výsledné hodnoty se pohybují od 0 do  $+\infty$ , přičemž čím vyšší hodnota, tím lepší výsledek.

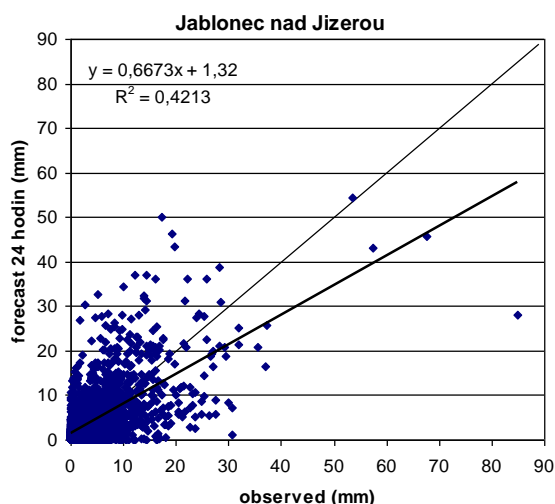
$$BLAS = \frac{A + B}{A + C}$$

f) bias:

Ideální možný výsledek je 1 a čím více se výsledek odchyluje od 1, tím větší má odchylku předpověď modelu.

## 4.2 Lineární korelace naměřených a předpovídaných srážek

Základním statistickým nástrojem porovnání dvou řad je korelace. Ta se dá vyjádřit grafem, regresní rovnicí a korelačním či determinačním koeficientem. V tomto případě je vzhledem k charakteru dat použita pouze lineární regrese.



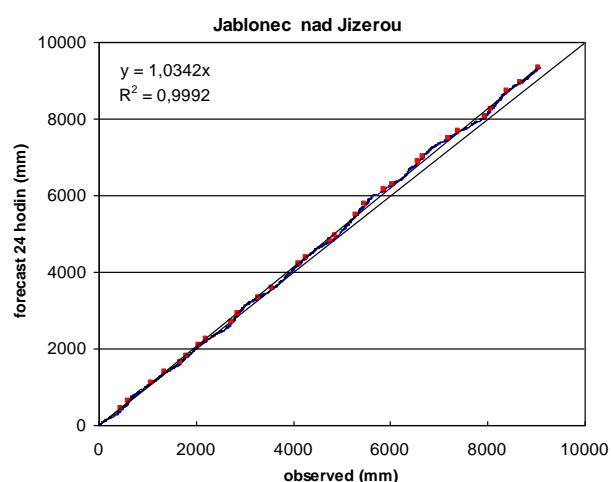
Obr.4.2.1 - Lineární korelace naměřených a předpovídaných srážek, proloženo regresní přímkou.

V ideálním případě by se sobě odpovídající hodnoty měly nacházet v blízkosti proložené regresní přímky, která by navíc byla shodná s osou kvadrantu.

Hodnota  $R^2$  by se v ideálním případě měla blížit 1, čím nižší je jeho hodnota, tím je i nižší závislost zobrazených hodnot.

#### 4.3 Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot

Pro použití této metody je nejprve nutné vytvořit kumulované řady odpovídajících si předpovídaných a naměřených srážek, které jsou posléze vyneseny do grafu proti sobě. V ideálním stavu by se mělo  $y = x$  a výsledná křivka by tudíž měla neustále bez větších výkyvů sledovat osu kvadrantu. Podvojná součtová čára odhaluje jednak bilanční chybu předpovědi (odchylka od osy kvadrantu), ale především nehomogenity v řadách projevující se ve změnách směru linie.

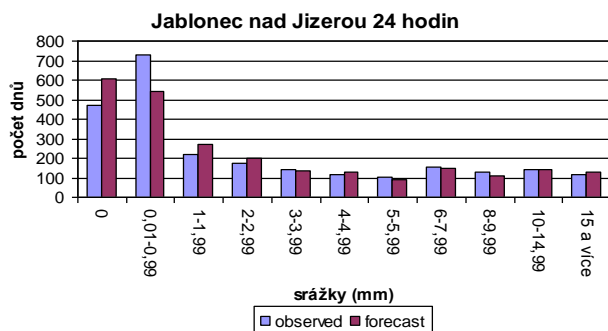


Obr.4.3.1 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot.

#### 4.4 Histogram četnosti výskytu srážek

Všechny naměřené a předpovídané srážky za sledované období je nejprve potřeba rozřadit do předem stanovených intervalů (vybraných pokud možno tak, aby v každém byl vypovídající počet hodnot, a to ve všech námi sledovaných oblastech). Dále je potřeba zjistit skutečnou četnost hodnot v každém intervalu a tyto četnosti dále použijeme k sestrojení histogramu pozorovaných a předpovídaných srážek.

Tato metoda byla v práci použita hned dvakrát. V prvním případě pro všechny dny, pro které model ALADIN předpovídal a ve druhém případě pouze pro dny, kdy předpověď modelu i skutečně naměřené srážky se rovnaly nule.



Obr.4.4.1 - Histogram četnosti výskytu srážek.

Z následného sloupcového grafu je pak již jednoznačně patrné, ve kterých intervalech dochází k nadhodnocení či podhodnocení předpovědi srážek.

#### 4.5 Kumulativní distribuční funkce

Data naměřených a předpovídaných srážek v řadách jsou seřazena vzestupně dle velikosti a poté je vykreslena distribuční funkce ve smyslu pravděpodobnosti překročení (nedosažení) určité hodnoty. Z výsledného grafu je zřejmé v oblasti jakých hodnot dochází k odchylkám předpovědi od skutečnosti a jaká je jejich velikost (respektive objem).



Obr.4.5.1 - Kumulativní distribuční funkce.

#### 4.6. Diagram hodnověrnosti předpovědi srážek a diskriminační diagram

Jde o kategoričké hodnocení často používané i pro vyhodnocení pravděpodobnostních předpovědí. Přitom je potřeba rozlišit hodnověrnost (reliabilitu) předpovědi a rozlišovací schopnost (diskriminaci). Jestliže máme vytvořené páry odpovídajících si předpovědí a

pozorování, lze každou předpověď a pozorování zařadit do kategorie podle její velikosti (malá – středně velká – podprůměrná – průměrná – nadprůměrná a podobně). Hodnověrnost je pak dána pravděpodobností, že při předpovědi určité kategorie bude pozorování v této kategorii, zatímco diskriminace prezentuje podmíněně na výskytu pozorování v dané kategorii pravděpodobnost, že daná kategorie byla opravdu předpovězena. Nejčastější vyjádření diskriminace a hodnověrnosti je prostřednictvím grafů (viz. obr.6.4.1). Pokud zobrazené linie sledují horizontální směr, znamenají nedostatečnou schopnost rozlišení dané kategorie. Naopak ideálním případem je výskyt peaku u každé kategorie a nulové hodnoty u ostatních kategorií (Daňhelka, 2008).

Všechny naměřené a předpovídané srážky za sledované období je opět nejprve potřeba rozřadit do předem stanovených intervalů (vybrané pokud možno tak, aby v každém byl vypovídající počet hodnot, a to ve všech námi sledovaných oblastech). Ze získaných hodnot následně vytvoříme křížovou tabulku.

		forecast				Total
		1	2	3	4	
observed	1	1302	249	28	4	1583
	2	223	349	82	12	666
	3	30	88	81	21	220
	4	3	8	12	12	35
	Total	1558	694	203	49	2504

Tab. 4.6.1 – Křížová tabulka.

Z této tabulky následně sestojíme hodnověrnostní a diskriminační tabulky, obsahující relativní četnosti v jednotlivých kategoriích.

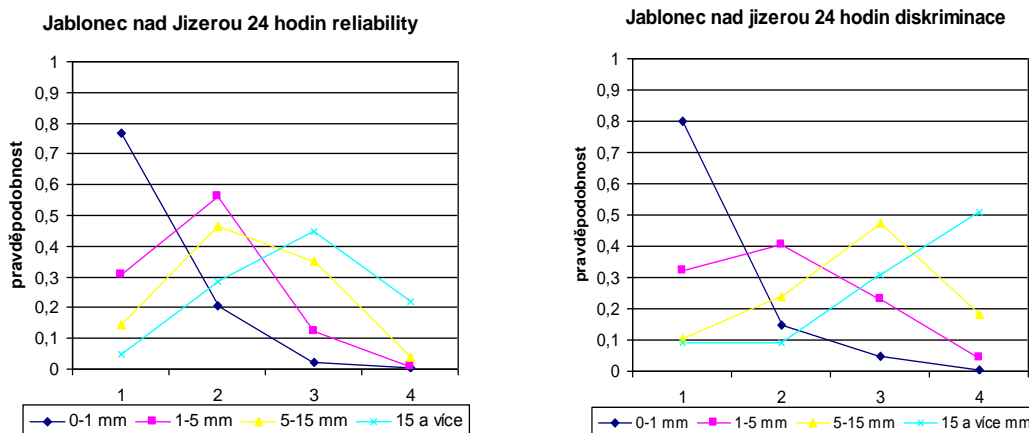
		Forecast				
o	b					
		hodnověrnost	1,00	2,00	3,00	4,00
e	1,00	0,823	0,335	0,136	0,086	
	2,00	0,157	0,524	0,400	0,229	
	3,00	0,018	0,123	0,368	0,343	
	4,00	0,003	0,018	0,095	0,343	
d		1,00	1,00	1,00	1,00	

		observed				
f	o					
		diskriminace	1,00	2,00	3,00	4,00
e	1,00	0,836	0,359	0,138	0,082	
	2,00	0,143	0,503	0,404	0,245	
	3,00	0,019	0,127	0,399	0,429	
	4,00	0,002	0,012	0,059	0,245	
t		1,00	1,00	1,00	1,00	

Tab. 4.6.2 a 4.6.3 - Hodnověrnostní a diskriminační tabulky.

Pro relevantní využití předpovědi modelu ALADIN je tedy nezbytným předpokladem jeho dostatečná vypovídající schopnost kategoriální předpovědi – tedy schopnost identifikace zda se v předpovídaném období vyskytnou srážky nízkých úhrnů do 0,99 mm, středních (1-4,99 mm), vyšších (5-14,99 mm) nebo vysokých až extrémních (15 mm a více).

V následných grafech reliability a diskriminace jsou tyto intervaly zaokrouhleny na 1) 0-1 mm, 2) 1-5 mm, 3) 5-15 mm a 4) 15 mm a více.

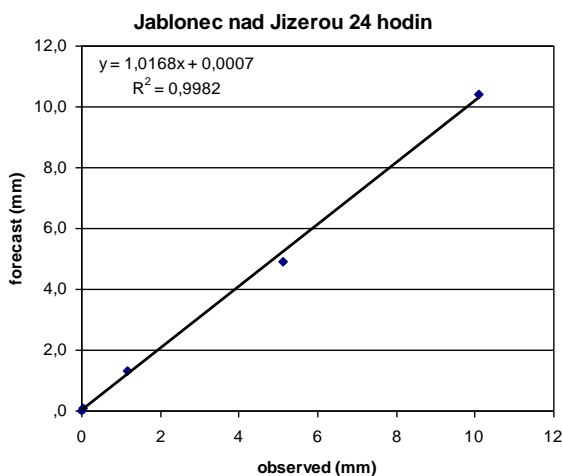


Obr.4.6.1 – Graf diskriminačního diagramu a diagramu hodnověrnosti.

#### 4.7 Kvantilové porovnání a transformace

Pro všechny naměřené a předpovídané srážky (seřazené od nejnižší po nejvyšší) za sledované období byly zjištěny četnosti jejich výskytu v procentech. Následně byla vytvořena kumulovaná řada četností výskytu zastoupených hodnot. Z kumulované řady vybereme určité kvantily (v našem případě byly použity 10%, 25%, 50%, 75% a 90%) a sestojíme lineární závislost. Rovnice regresní přímky je pak aplikována pro přepočet (transformaci) předpovídané hodnoty (postprocessing).

Pokud jsou následné upravené předpovídané hodnoty menší než nula, jsou brány jako nulové. Cílem transformace je především odstranit chybu v objemu předpovídaných srážek, což se posléze projeví u distribuční funkce, podvojně součtové čáry a u histogramu četností



Obr.4.7.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech.



## **5. METODIKA ZPRACOVÁNÍ**

Od ČHMÚ byly získány předpovědi modelu ALADIN od počátku jejich vydávání v listopadu 2001 až do konce března 2009. Předpovědi byly archivovány ve formě jednotlivých textových souborů, kdy každý soubor obsahuje předpověď pro všechny časové intervaly z jednoho běhu výpočtu modelu ALADIN. Archivování souborů s předpověďmi (viz obrázek 5.1) se děje ve formě textových souborů prostřednictvím manuálně spouštěných batchů. Bohužel ne všechny soubory byly úspěšně archivovány. V několika případech batch pravděpodobně nebyl spuštěn a soubor tak nebyl uložen. K jiné komplikaci došlo v několika případech výpadku výpočtu modelu ALADIN, a to v důsledku technických hardwarových či softwarových problémů. Datová řada byla zřejmě z těchto důvodů na delší dobu přerušena pouze v období od 12.8.2006 do 22.10.2006. Jinak šlo výhradně o výpadky v měření v rámci jednotlivých dnů.

Data od 1.11. 2001 do 28.2 2005 obsahovala 48 hodinovou předpověď modelu ALADIN, například od 1.1.2002 v 00:00 do 3.1. 2002 00:00 v šestihodinovém kroku. Od 1.3. 2005 byla datová řada rozšířena o dalších šest hodin na předpověď 54 hodinovou, například od 1.3. 2005 00:00 do 3.3. 2005 06:00.

Jako období pro vyhodnocování bylo následně zvoleno období od 1.1. 2002 do 31.3. 2009. Předpovědi z uvedeného období byly převedeny do formátu MSExcel, kde probíhalo následující zpracování dat. Šlo o časově nejnáročnější část práce.

Vybraná povodí (viz kapitola 2) reprezentují rozdílné oblasti ČR, vybrané zejména s ohledem na odlišnou expozici vůči orograficky zesíleným srážkám.

Pro zvolená povodí byly identifikovány příslušné oblasti, pro něž je ALADINem počítána předpověď (viz obr.5.2). Protože bylo rozdělení území Česka do oblastí pro předpovědi z modelu ALADIN vytvářeno speciálně pro účely operativních hydrologických předpovědí, byly při návrhu většinou respektovány i hranice jednotlivých povodí. Díky tomu můžeme většině povodí jednoznačně přiřadit odpovídající předpovědní oblast, a tudíž také srážkovou předpověď.

Poté byly v prostředí MSExcel příslušné srážkové řady pro dané oblasti transformovány ze 6h kroku na krok 24 h (prostý součet hodnot). Výsledkem tedy byly řady předpovídané 24 sumy srážek v období +6 až +30 h od počátku výpočtu ve 0:00 UTC a od roku 2005 i 48 hodinové sumy srážek v období +30 až +54 h (jde tedy o předpovědi 24 hodinových úhrnů pro první a druhý den, vztažených vždy k rannímu termínu 6:00 UTC).

FXCZ52 OKOI060000

ALADIN

Predpoved pro hydrolog modely 2006080600

a 5.6 2.5 5.1 5.8 14.7 13.1 12.8 9.0 4.7

b 1.9 1.5 3.0 6.3 11.1 10.3 4.6 6.3 6.1

c 1.4 2.6 1.7 6.6 14.8 19.0 11.6 2.0 2.2

d 0.5 2.9 0.9 1.0 11.7 14.0 13.0 8.4 3.3

e 1.1 3.9 1.8 2.8 14.3 16.3 15.9 8.5 5.7

f 1.4 2.1 2.7 2.8 10.1 9.9 10.1 6.4 6.8

g 3.8 2.6 3.6 2.6 4.6 2.8 6.2 2.4 1.6

h 4.7 3.8 3.9 8.2 8.1 6.6 5.0 1.5 0.2

i 3.4 5.6 5.5 5.4 12.8 14.2 14.7 7.6 2.6

j 3.9 5.0 2.9 8.1 8.5 6.6 7.0 4.0 0.7

k 5.0 6.9 2.9 7.7 8.8 13.3 15.0 6.0 2.2

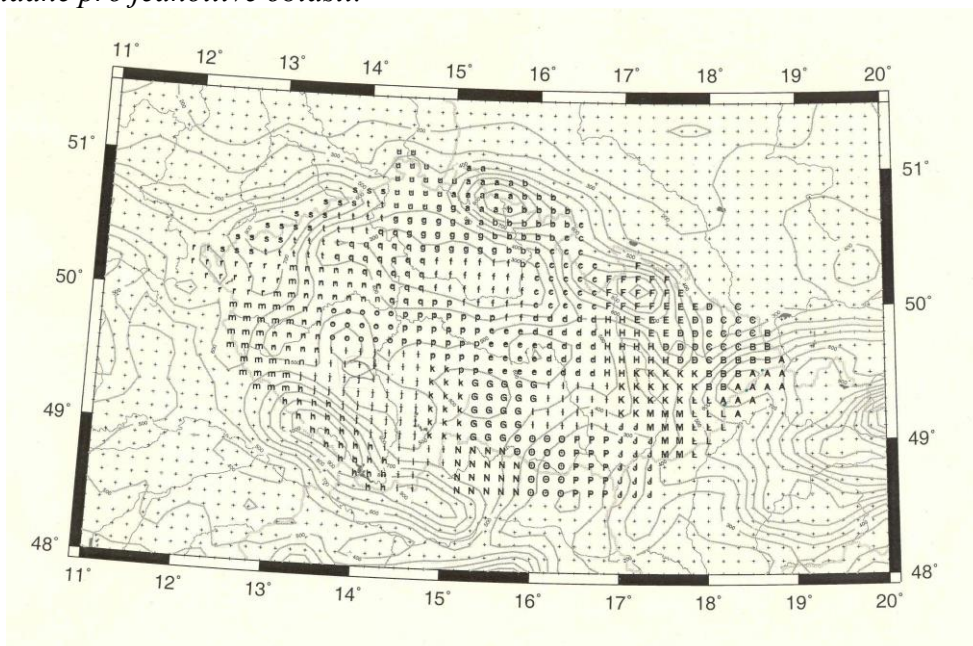
l 4.3 6.6 4.6 11.2 6.0 4.1 7.4 4.8 0.4

m 5.3 6.2 5.4 10.1 2.4 1.2 0.1 0.0 0.0

n 6.0 6.9 6.9 9.7 2.8 2.2 0.9 1.0 0.0

o 4.9 7.7 7.2 11.3 5.2 4.8 5.9 4.4 0.1

Obr.5.1 – Textový soubor předpovědního modelu ALADIN, údaje představují 6h sumy srážek předpovídané pro jednotlivé oblasti.



Obr.5.2 - Rozdělení území Česka do oblastí pro předpovědi modelu ALADIN vytvořené speciálně pro účely operativních hydrologických předpovědí (Daňhelka, 2005).

Uvedené řady byly porovnány s řadami denních průměrných srážek, vypočtených v prostředí AquaLog metodou Thiessenových polygonů pro jednotlivá vybraná povodí. Tyto řady byly poskytnuty předpovědním pracovištěm ČHMÚ.

Jelikož měření na většině srážkoměrných stanic probíhá standardně jednou denně v 7:00 hodin středoevropského času (SEČ), pro každý jednotlivý den od 1.1. 2002 do 28.2.2005 byla porovnávána pouze čtyřadvacetihodinová předpověď modelu ALADIN (od 06:00 do 06:00 následujícího dne) s průměrnými naměřenými hodnotami srážek (od 07:00 do 07:00

dne následujícího) na srážkoměrných stanicích, spadajících do vybraného povodí. Díky rozšířené předpovědi srážek modelu ALADIN o další šestihodinový krok, bylo možno od 1.3.2005 porovnávat i osmačtyřiceti hodinovou předpověď srážek modelu ALADIN s odpovídajícími naměřenými hodnotami na srážkoměrných stanicích ve vybraných povodích.

U dat z obou zdrojů byla po načtení do MSExcel provedena kontrola správnosti načtení dat (tedy došlo-li ke správnému přeskočení chybějících souborů, případně vymazání opakujících se dat aj.). Poté byla data transformována do formátu pro další použití a zpracování. Tím byla vytvořena kompletní databáze. Tato kompletní databáze obsahuje pro každé vybrané povodí dvě základní datové řady:

První je 24 hodinová předpověď modelu ALADIN (pro období +6 až +30 h) s odpovídajícími si naměřenými hodnotami srážek ve srážkoměrných stanicích. Od 1.1.2002 do 31.3.2009 pouze z již výše popsanými mezerami v pozorování.

Druhou je 48 hodinová předpověď modelu ALADIN (pro období +30 až +54 h, dále již nazývaná jen jako 48 hodinová předpověď) s odpovídajícími si naměřenými hodnotami srážek ve srážkoměrných stanicích. Od 1.3.2005 do 31.3.2009 se této řady týkají stejné výpadky v pozorování.

Z kompletní databáze byly později vybrány pro potřeby detailnějšího vyhodnocení také následující sady:

3. datová řada – zimní srážky od 1.12. do 31.3., na horských stanicích převažují v tomto období sněhové srážky, v nižších polohách povodí Labe dochází většinou ke střídání sněhových a dešťových srážek, celkově se jedná především o srážky frontálního charakteru

4. datová řada – jarní srážky od 1.4 do 31.5., na horských stanicích dochází v tomto období ke střídání sněhových a dešťových srážek, stanice v nižších polohách zaznamenávají již převážně dešťové srážky, ty mohou být jak frontálního, tak také konvektivního charakteru

5. datová řada – letní srážky od 1.6. do 30.9., dešťové srážky se v drtivé většině vyskytují i na horských stanicích, dochází ke střídání srážek konvektivního a frontálního charakteru

6. datová řada – podzimní srážky od 1.10 do 30.11., v nižších polohách stále převažují dešťové srážky, zatímco horské oblasti v tomto období zaznamenávají jak dešťové, tak již i sněhové srážky, vyskytovat se mohou jak srážky frontálního charakteru, tak konvektivní, ale těch směrem ke konci období postupně ubývá

## **6. VÝSLEDKY**

V následující kapitole jsou prezentovány výsledky vyhodnocení jednotlivých použitých statistických metod a kritérií.

### **6.1 Výsledky statistického vyhodnocení předpovědi srážek**

#### *6.1.1 Hitt-miss koeficienty*

Jednou z možností hodnocení úspěšnosti předpovědi modelu ALADIN jsou jednotlivá kritéria typu hitt-miss, která jsou založena na analýze kontingenční tabulky četností předpovědi a následného výskytu určitého kategorického jevu (tentokrát výskytu srážek). Konkrétní hodnoty jednotlivých koeficientů jsou uvedeny v souhrnných tabulkách v příloze 10.1.

**Accuracy - Koeficient přesnosti předpovědi :** Koeficient přesnosti předpovědi výskytu srážek se pohybuje od 0,75 do 0,82 s tím, že nejvyšší je zaznamenán v povodí horní Otavy a nejnižší v povodí Litavky. U výskytu srážek do 1 mm se koeficient pohybuje od 0,77 do 0,82, kdy nejnižší úspěšnost vykazuje povodí horní Jizery a nejvyšší opět povodí horní Otavy. Ještě lepší výsledky jsou dosahovány pro výskyt srážek do 5 mm, výsledný koeficient se pohybuje od 0,81 do 0,90 s tím, že nejvyšší je zaznamenán v povodí horní Sázavy. Téměř ideální jsou z tohoto pohledu výsledky u vysokých srážkových úhrnů (15 mm), kdy se výsledný koeficient pohybuje od 0,93 do 0,97.

**HR - Pravděpodobnost správné předpovědi jevu:** Při předpovědi srážek se následně srážky vyskytují v 80 % až 95 % všech případů, nejméně přesná předpověď je pro povodí Litavky (0,8) a Jizery (0,83). Při předpovědi srážek do 1 mm se následně takové srážky vyskytovaly v 74-90 % případů. Nejnižší koeficient byl zaznamenán opět pro povodí Litavky (0,74) a Horní Jizery (0,8). Pokud byly předpovídaný srážky do 5 mm, vyskytly se v 51-78 % všech případů, nad 70 % se dostala úspěšnost pouze v povodí Sázavy a Dědiny. Předpověď vysokých srážkových úhrnů byla nejméně přesná, výsledný koeficient se pohyboval od 0,23 do 0,59, nejnižší hodnoty do 0,3 byly zaznamenány na horní Otavě a Úpě, nad 50 % se dostala úspěšnost předpovědi pouze v povodí Malše.

**POFD - pravděpodobnost nesprávné detekce:** Jakékoliv srážky byly předpovídaný v 36 až 47 % všech případů, i když později nebyly naměřeny. Srážky nad 1 mm byly předpovídaný již pouze v 19-27 % případů, pokud se později nevyskytly. Srážky nad 5 mm

model ALADIN předpovídal pouze v 5 až 13 %, když později nebyly žádné zaznamenány. A nastalo pouze 1-4 % případů, kdy se žádné výrazné srážky nevyskytly, přestože model ALADIN předpovídal srážkové úhrny nad 15 mm.

**FAR – Ukazatel falešných varování:** Zde je jasné patrné, že čím vyšší srážkové úhrny byly předpovídaný, tím více nastalo případů, kdy se nakonec takovéto srážky nevyskytly. U nízkých srážkových úhrnů se tak obvykle stalo v 10-35 % případů, zatímco u významnějších srážkových úhrnů v 43-77 % všech případů.

**HMR - Poměr správných a nesprávných předpovědí výskytů jevu:** Poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu srážek do 1 mm se pohybuje v rozmezí 19,14-2,79 s tím, že nejnižší hodnoty jsou naměřeny pro horní povodí Jizery a Litavky. Při hranici 5 mm se poměr pohyboval od 3,61 do 1,04, kdy nejnižší hodnoty byly naměřeny podle očekávání v povodí horní Otavy a Úpy. Nejhorší poměr byl zjištěn při hranici 15 mm, kdy již na většině vybraných povodí s výjimkou horní Malše převládaly nesprávné předpovědi. Nejhorší hodnoty byly opět v povodí horní Otavy a Úpy.

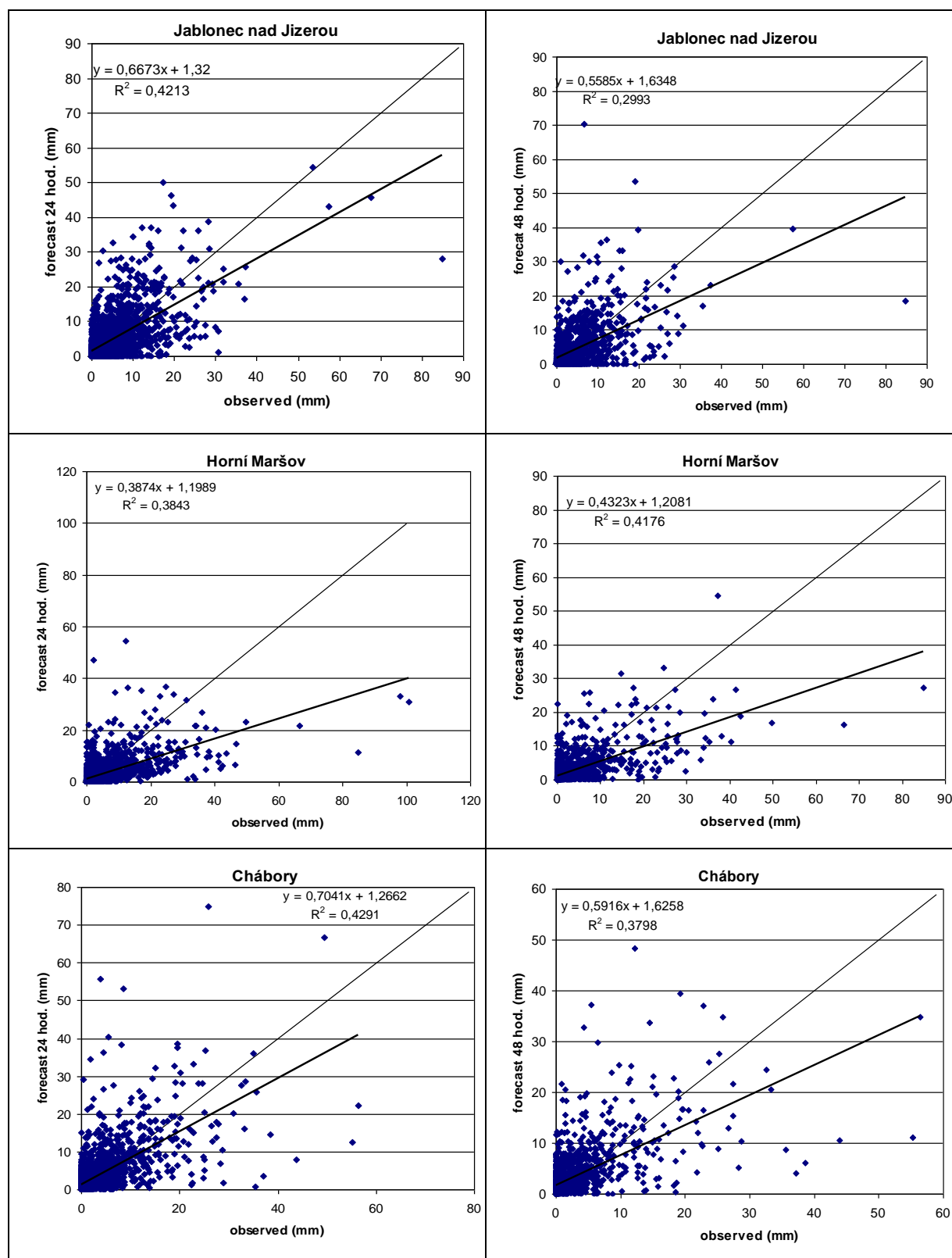
**Bias:** Při předpovědi výskytu srážek se Bias pohybuje na většině stanic v blízkém okolí 1, což je téměř ideální stav, výjimkou jsou pouze Tasnovice s 1,35. Při předpovědi výskytu srážek nad 1 mm se již výsledná hodnota pohybuje od 1,05 do 1,30 a pouze v Cháborech a Havlíčkově Brodě okolo 1,35. Méně úspěšná je již předpověď srážek nad 5 mm, kdy výsledná hodnota biasu kolísá od 0,71 ( horské povodí Úpy a Otavy, kde jsou srážky modelem podhodnocovány) do 1,74 (povodí Skalice – nejvýraznější nadhodnocení srážek). Při předpovědi srážek nad 15 mm již výsledná hodnota kolísá od 0,42 (opět Horní Maršov a Sušice) až po 2,04 v Havlíčkově Brodě.

Tyto vybrané ukazatele jsou však spíše informativní, protože nevydávají dostatečně přesné informace pro další vývoj a úpravy modelu ALADIN.

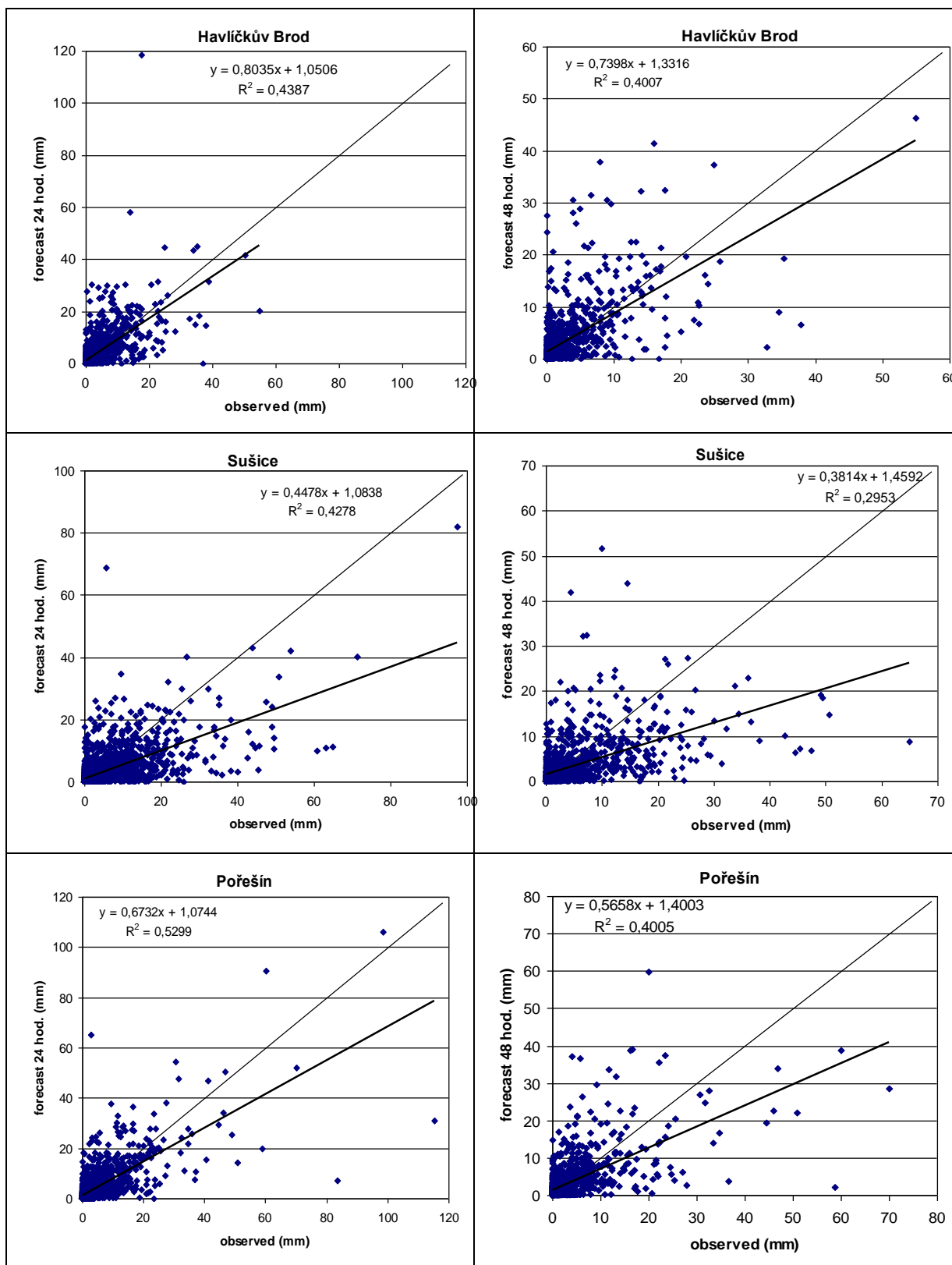
#### *6.1.2 Lineární korelace naměřených a předpovídaných srážek*

Jednoduchá lineární korelace mezi naměřenými a předpovídanými hodnotami není zcela uspokojivá, rozptýl pole hodnot je velmi velký. Koeficienty determinace dosahují hodnot u 24 hodinové předpovědi od 0,38 do 0,53 a u 48 hodinové od 0,13 do 0,42. Nejvyšší hodnoty u 24 hodinové předpovědi jsou dosaženy v povodí horní Malše (0,53), nejvyšší hodnoty 48 hodinové předpovědi jsou zaznamenány pro povodí horní Úpy (0,42). U ostatních povodí se koeficient determinace u 24 hodinové předpovědi pohybuje okolo 0,40 a u 48 hodinové od 0,30 do 0,40. Výrazně se odlišují pouze povodí Skalice a horní Litavky, kde koeficient

determinace u 48 hodinové předpovědi dosahuje pouze 0,22 respektive 0,13. Je tedy zřejmé, že 24 hodinová předpověď modelu ALADIN je dle očekávání o něco úspěšnější než předpověď s předstihem 48 hodin.

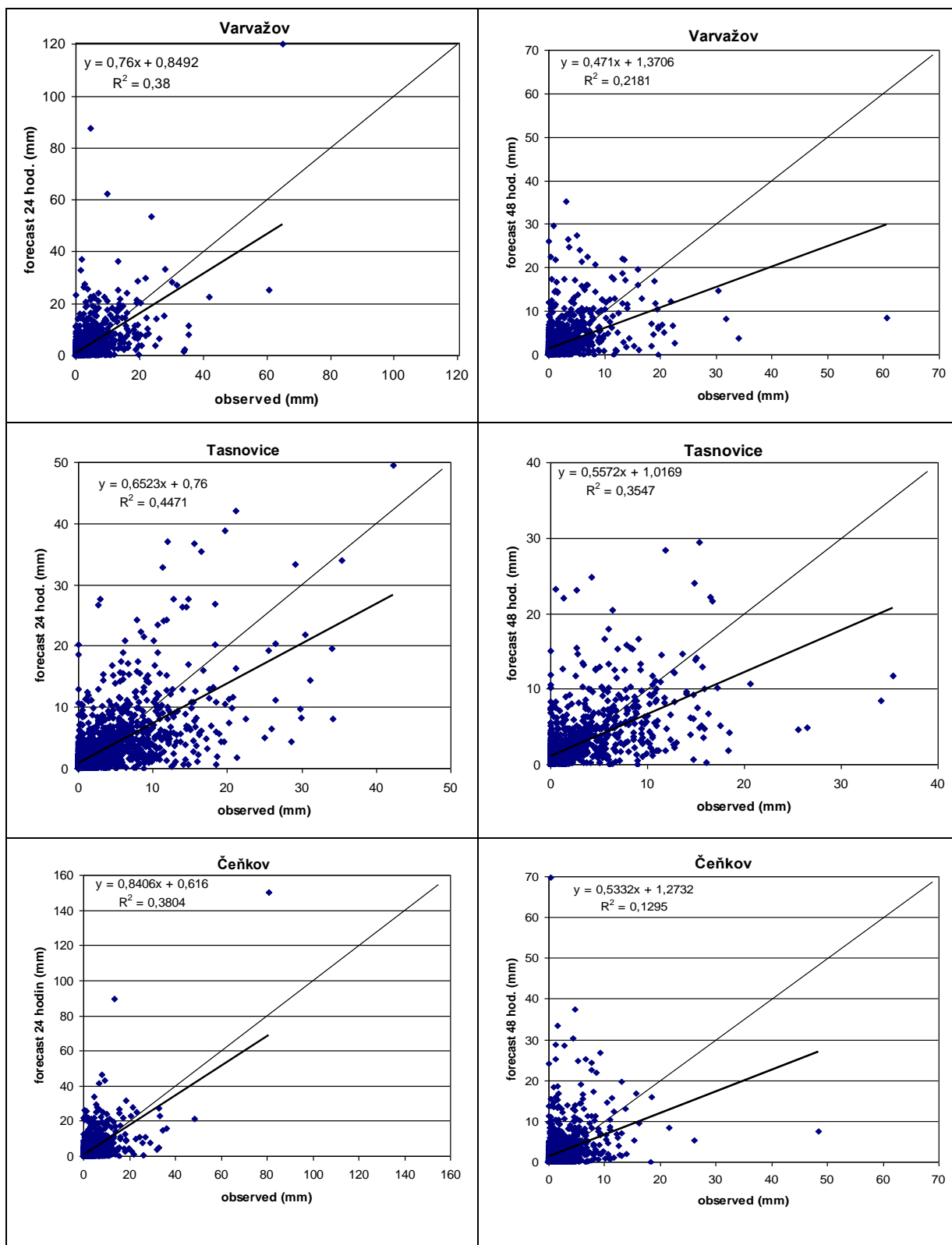


Obr. 6.1.2.1 - Lineární závislost předpovědi modelu a pozorované hodnoty srážkového úhrnu, vlevo vždy pro 24 h, vpravo pro 48 h předstih.



Obr. 6.1.2.1 (pokračování) - Lineární závislost předpovědi modelu a pozorované hodnoty srážkového úhrnu, vlevo vždy pro 24 h, vpravo pro 48 h předstih.

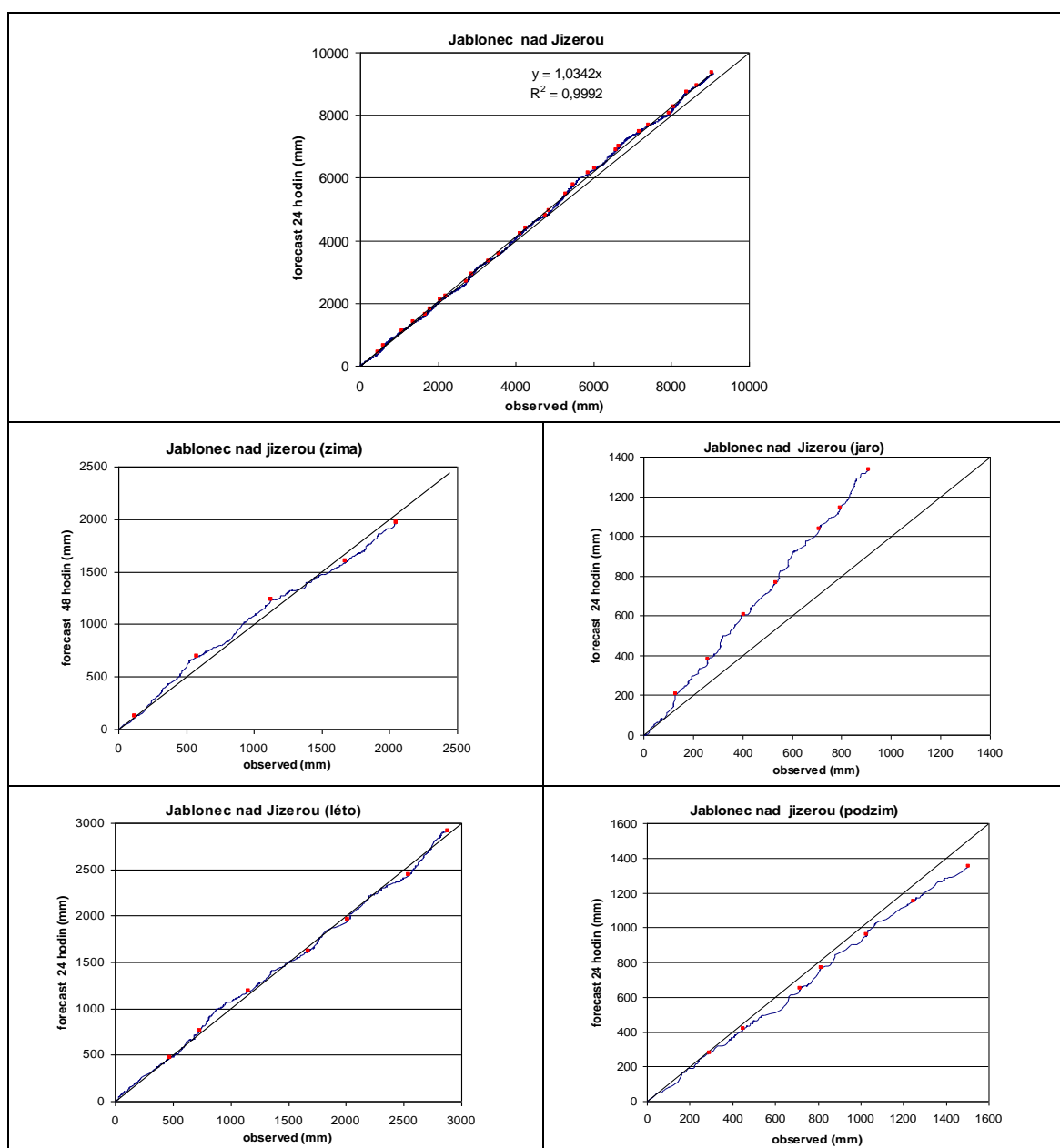




Obr. 6.1.2.1 (pokračování) - Lineární závislost předpovědi modelu a pozorované hodnoty srážkového úhrn , vlevo vždy pro 24 h, vpravo pro 48 h předstih.

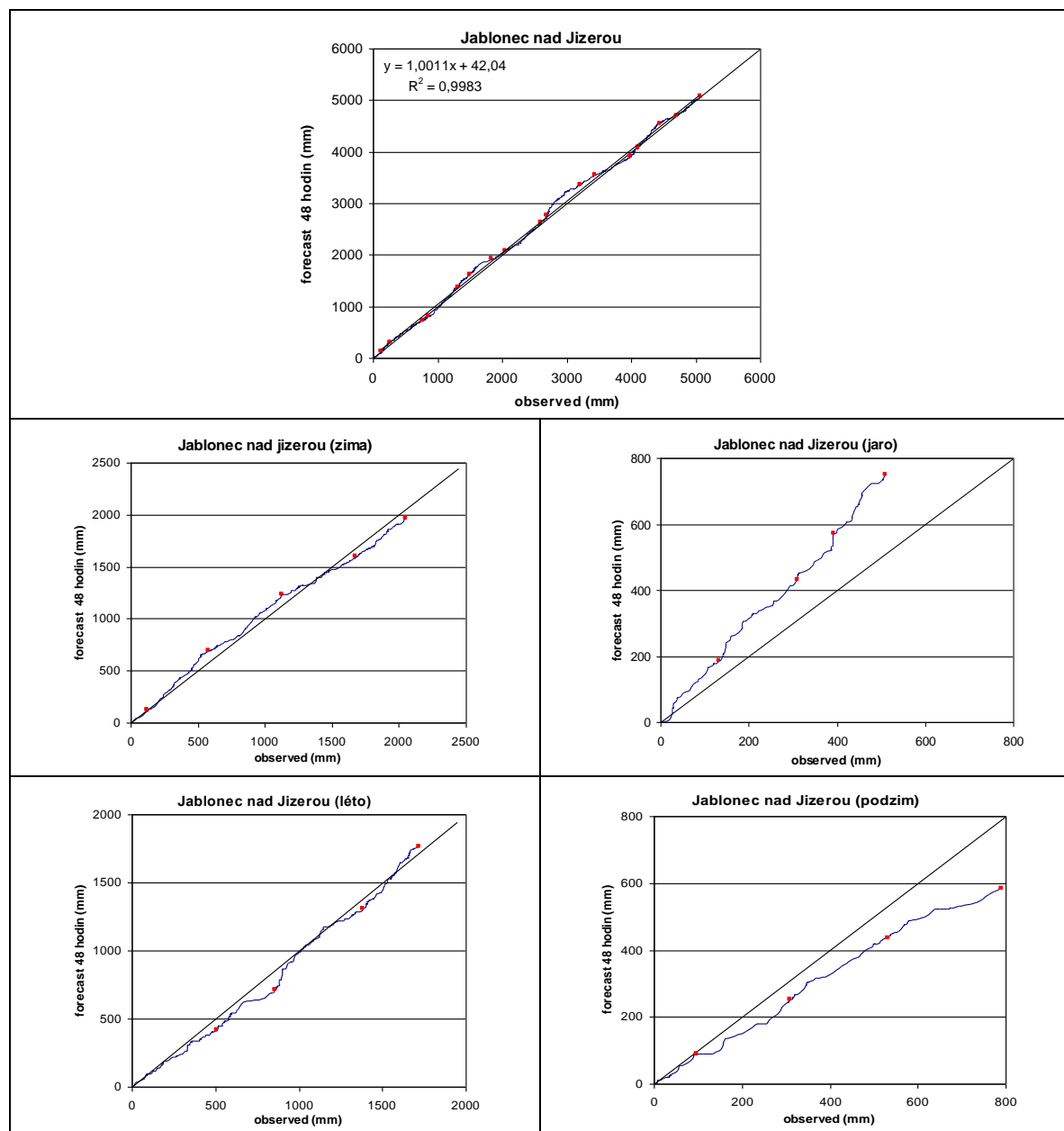
### 6.1.3 Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot

Následující grafy zobrazují podvojnou součtovou čáru naměřených a pozorovaných kumulovaných hodnot. 24 hodinová předpověď modelu ALADIN je porovnávána se skutečně naměřenými hodnotami od počátku roku 2002. 48 hodinová předpověď až od počátku března roku 2005, což se nakonec ukázalo jako velmi prospěšné. Pod hlavním grafem se nachází vždy 4 menší grafy pro všechna vybraná roční období. Červené body na součtové čáře vždy vyznačují konec období (vymezeného speciálně pro potřeby této práce), případně začátek nového roku. V ideálním případě by se výsledná součtová čára kumulovaných hodnot měla držet po celé období a bez větších odchylek osy kvadrantu. Výrazná odchylka od osy kvadrantu znamená značnou chybu v předpovědi objemu srážek.



Obr.6.1.3.1 - Podvojně součtové řady pro povodí Jizery za celý rok a jednotlivá roční období.

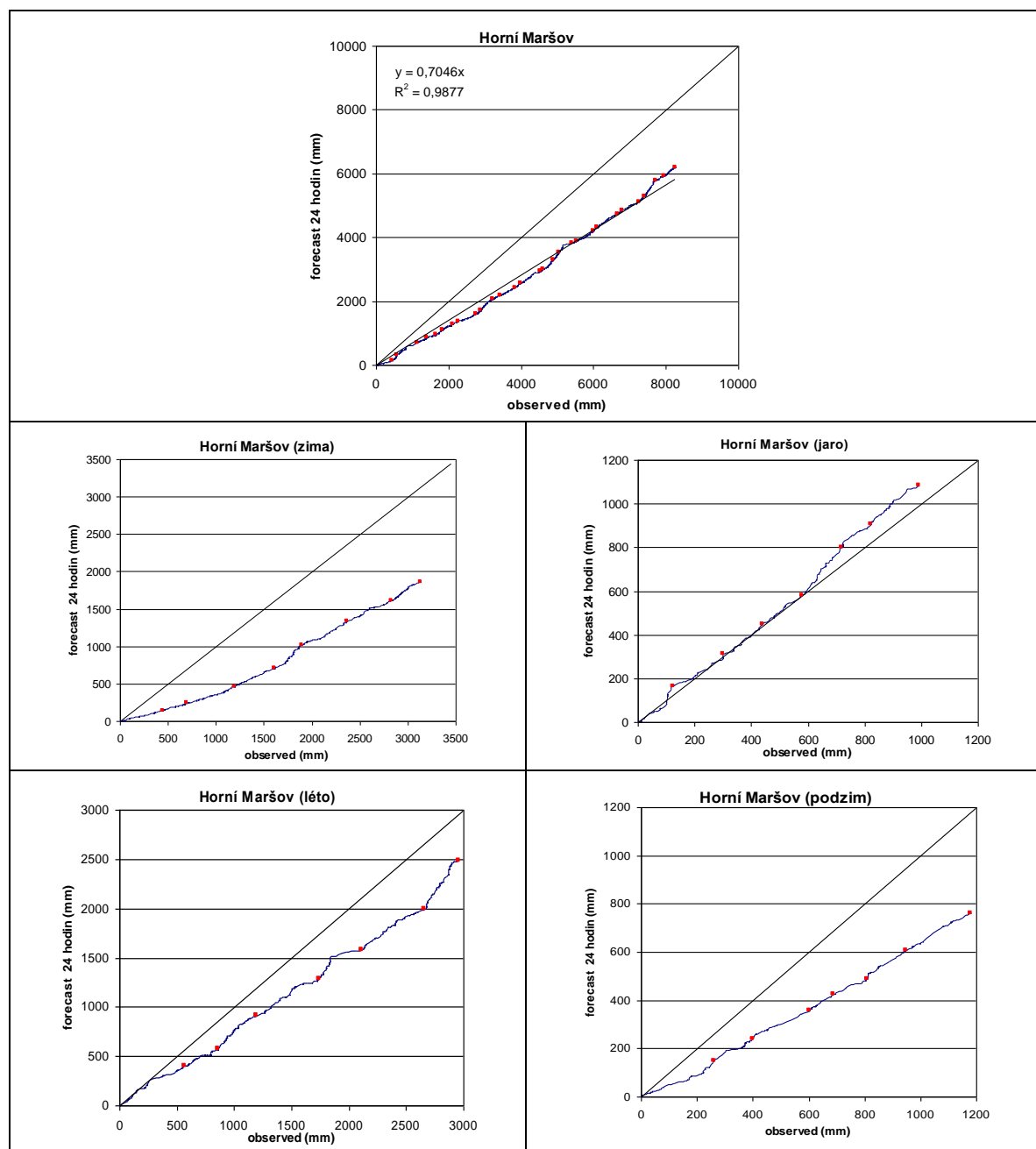
Model srážky v dlouhodobém horizontu velmi mírně nadhodnocuje. K nadhodnocení dochází od počátku roku 2004, a to především nadhodnocením srážek v jarním období. Naopak podzimní srážky jsou velmi mírně podhodnoceny. Letní a zimní srážky se po celé období drží osy kvadrantu, i když samozřejmě dochází k sezónnímu kolísání.



Obr.6.1.3.2 - Podvojně součtové řady pro povodí Jizery pro celý rok a jednotlivá roční období.

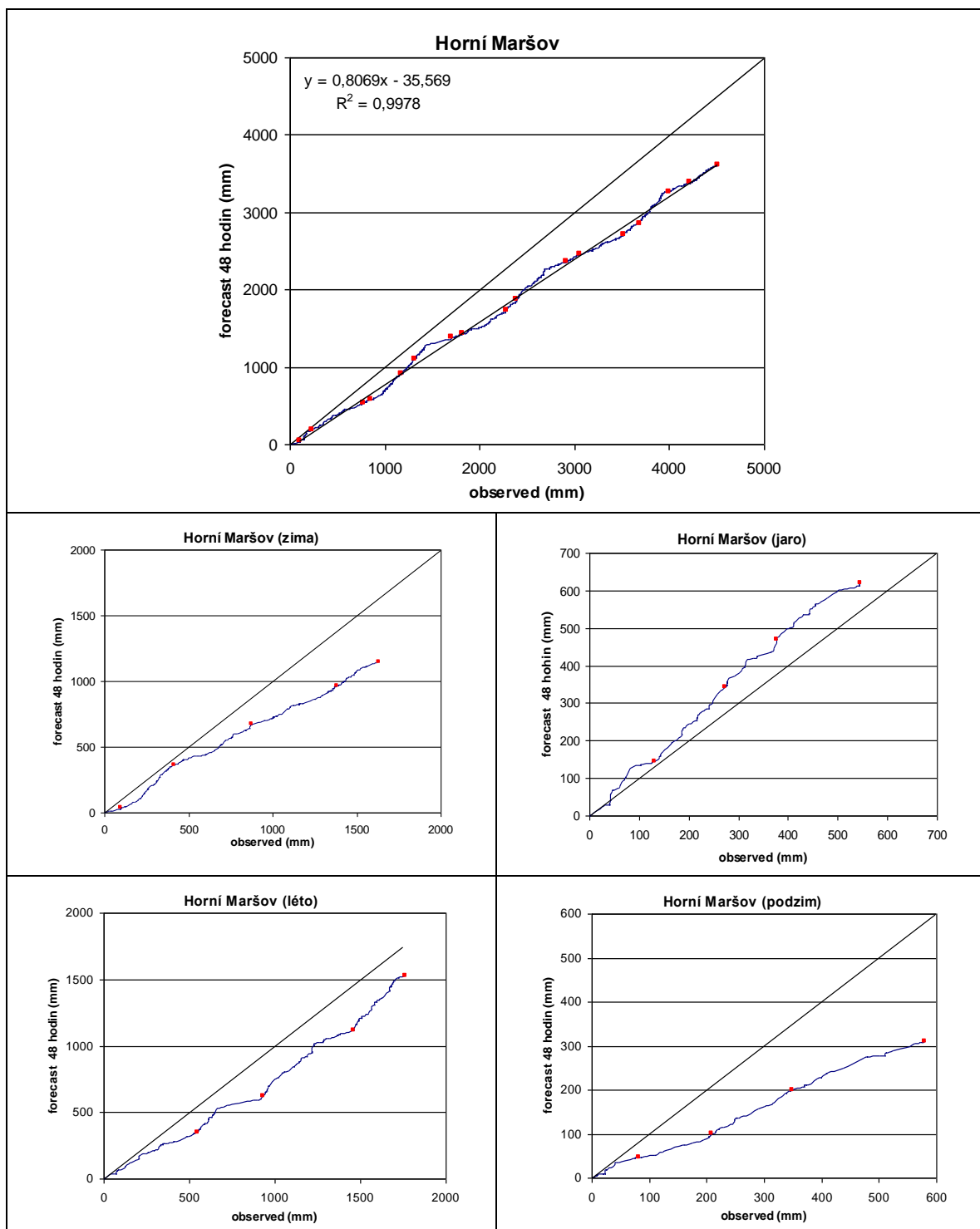
48 hodinová předpověď modelu se pro sledované období od roku 2005 drží osy kvadrantu pouze s výkyvy v různých ročních obdobích. Velmi dobře opět vychází hodnocení pro celé předpovídané období, stejně tak jako pro léto a zimu. K nadhodnocení dochází u jarních srážek, zatímco podzimní jsou od roku 2006 mírně podhodnocovány, což by mohlo být způsobeno větší proměnlivostí počasí. Patrná je i velmi dobrá shoda mezi 24 a 48 hodinovou předpovědí srážek, a to s jediným rozdílem, kterým je výraznější podhodnocení

srážek v podzimním období u 48 hodinové předpovědi. To je ovšem z hlediska celkového objemu srážek korigováno výraznějším jarním nadhodnocením srážek.



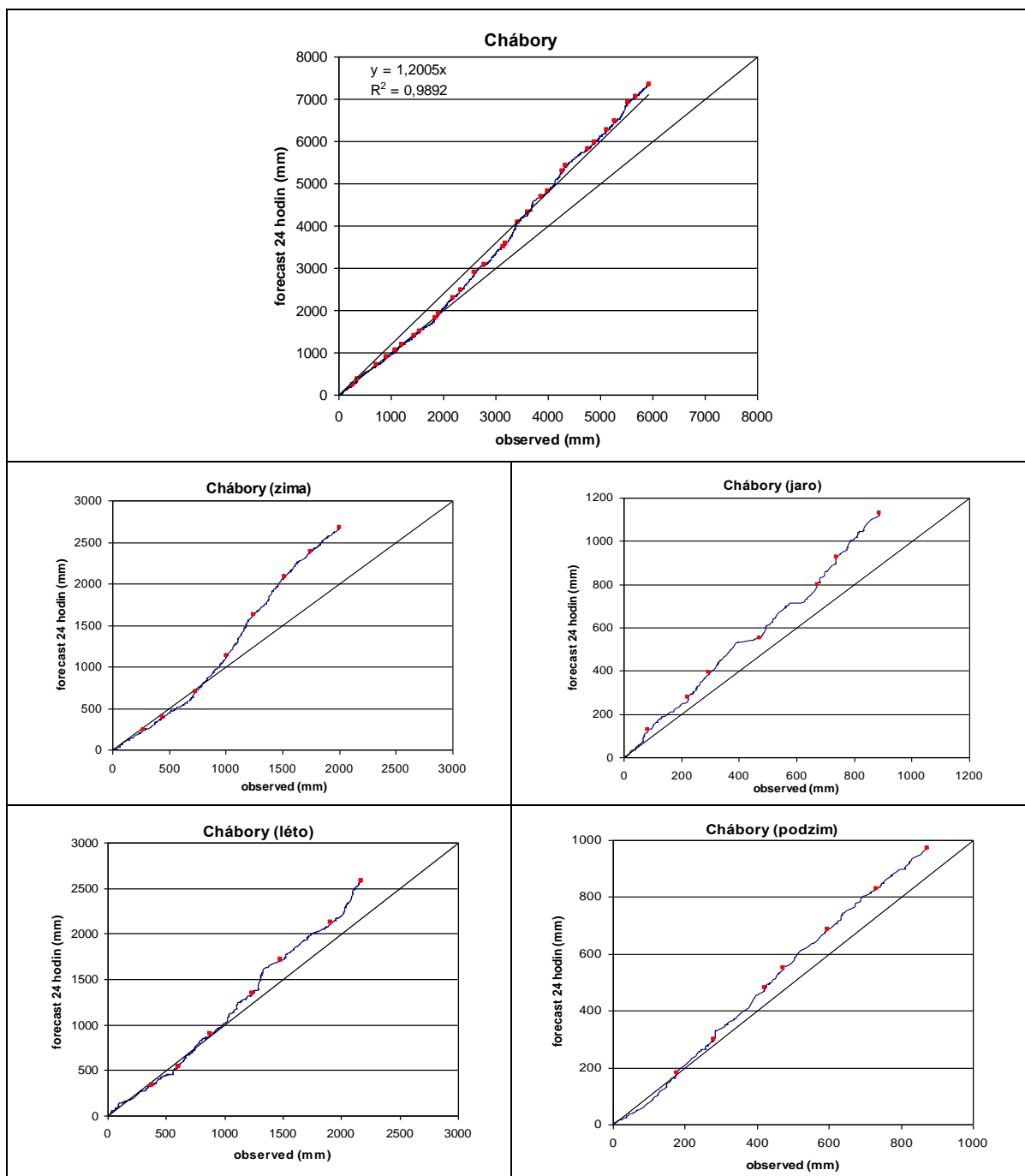
Obr.6.1.3.3 - Podvojně součtové řady pro povodí Úpy pro celý rok a jednotlivá roční období.

Předpovědní model pro sledované období dlouhodobě rovnoměrně podhodnocuje srážky. Může to být způsobeno polohou povodí na závětné straně Krkonoš. Dochází k výraznému podhodnocení podzimních a zimních srážek a k mírnému podhodnocení srážek letních, především do roku 2005. Po roce 2005 dochází ke slabému nadhodnocení jarních srážek (spíše se jednalo pouze o nadhodnocení pro jaro 2006, poté již trend opět sleduje osu kvadrantu). Jaro 2006 bylo specifické vysokou sněhovou pokrývkou na horách, poté rychlým táním a následnými povodněmi.



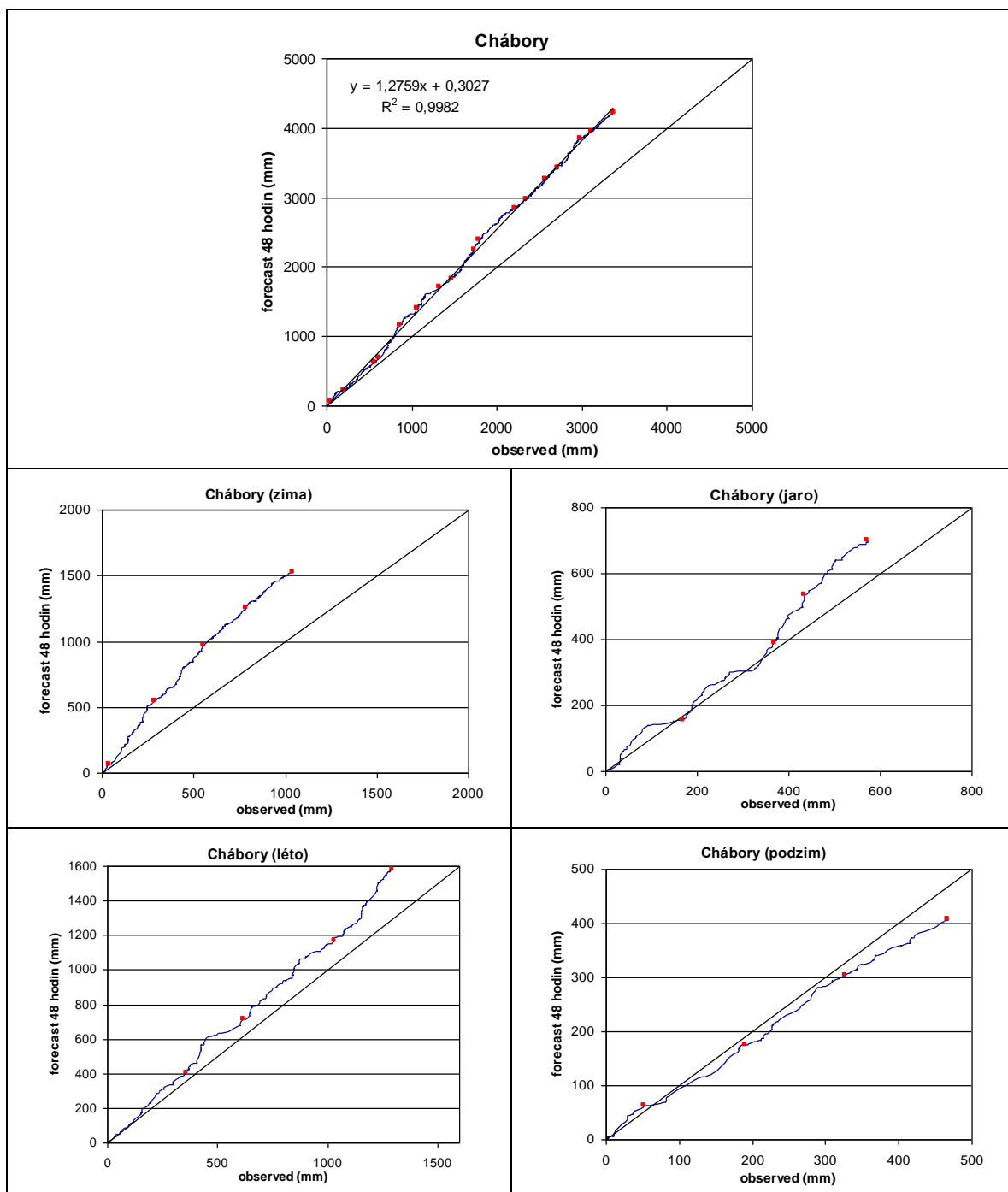
Obr.6.1.3.4 - Podvojně součtové řady pro povodí Úpy pro celý rok a jednotlivá roční období.

Na 48 hodinové předpovědi od roku 2005 jsou velmi dobře vidět výkyvy v jednotlivých ročních obdobích. Zatímco na jaře dochází k mírnému nadhodnocení srážek, opět především díky výjimečnému roku 2006, na podzim a v zimě dochází stabilně k výraznému podhodnocení srážkových úhrnů. Letní srážky byly nadhodnoceny v roce 2005 a 2006. Celkově tak dochází po celé sledované období k mírnému, ale konstantnímu podhodnocování srážek. 24 hodinové předpovědi se velmi dobře shodují s předpovědí modelu na 48 hodin.



Obr.6.1.3.5 - Podvojně součtové řady pro povodí Dědiny za celý rok a jednotlivá roční období.

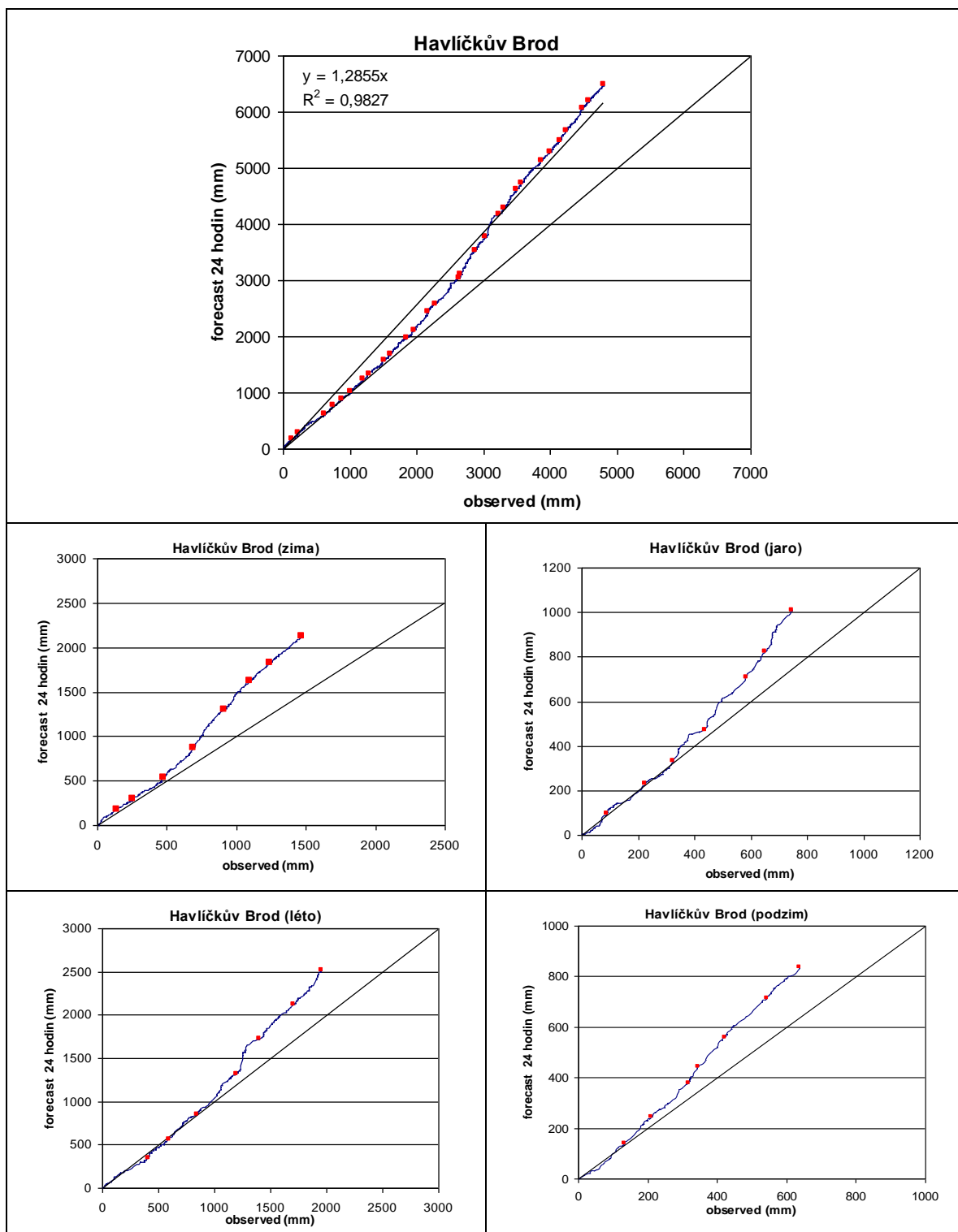
Předpovědní model začíná od roku 2005 mírně, ale rovnoměrně nadhodnocovat srážky. Jedná se především o slabé nadhodnocení podzimních (od roku 2006 již k němu nedochází) a výrazné nadhodnocení zimních srážek, a to především od roku 2005. Jarní srážky model lehce nadhodnocuje pro celé sledované období a letní srážky výrazně nadhodnotil v letech 2006 a 2008. Změna trendu, především u zimních srážek, může být způsobena změnami v rozlišení modelu. Terén již není v modelu tak generalizován (zhlazen), čímž mohlo dojít k vyvýšení Orlických hor a jejich následné výraznější expozici k častému zimnímu západnímu proudění.



Obr.6.1.3.6 - Podvojně součtové řady pro povodí Dědiny za celý rok a jednotlivá roční období.

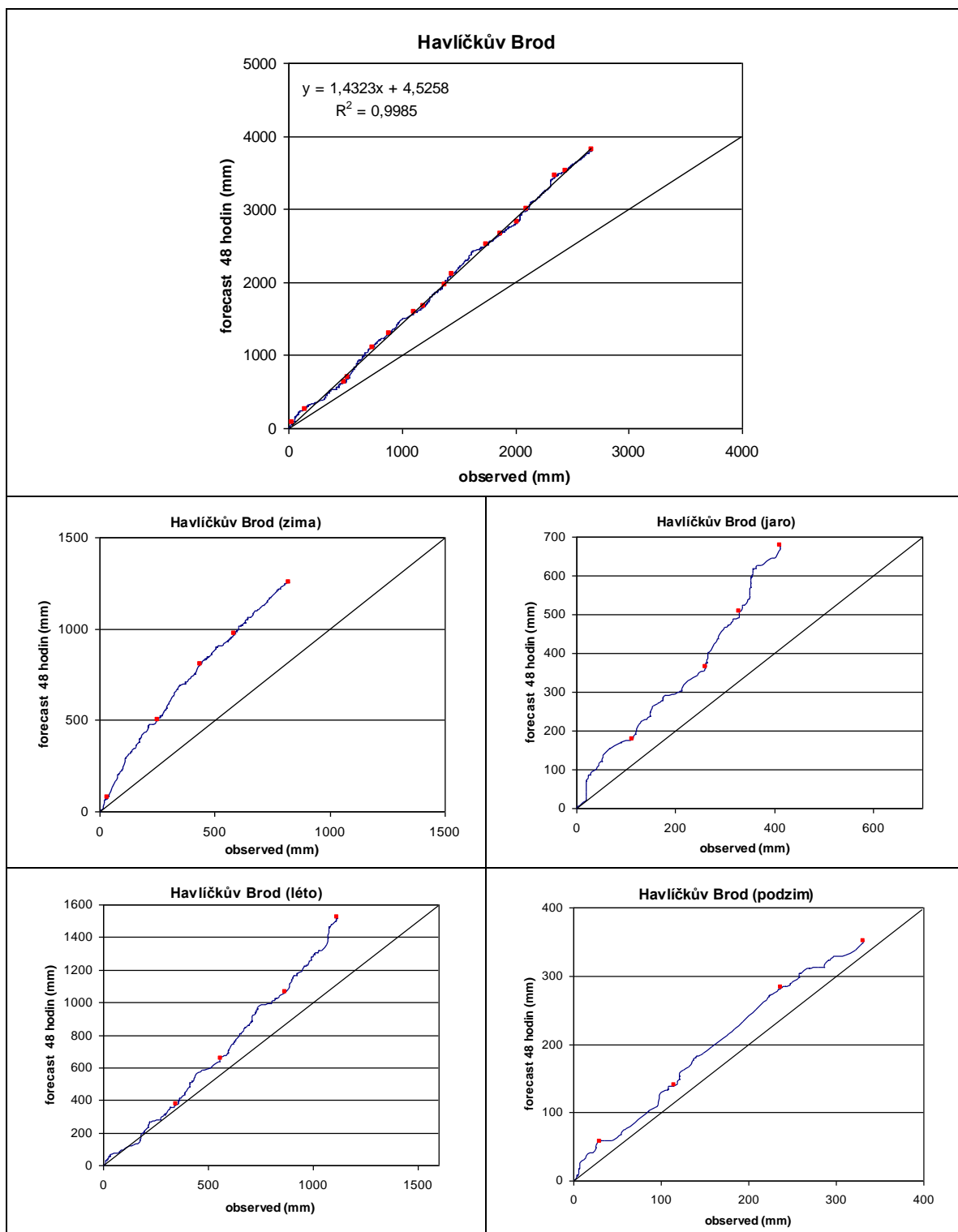
Také 48 hodinová předpověď modelu pro sledované území od roku 2005 mírně nadhodnocuje srážky. Nejvíce jsou nadhodnoceny zimní srážky, slabě jsou nadhodnoceny i letní srážky. Během jara model vždy nadhodnotil srážky v dubnu a naopak podhodnotil v květnu, to by mohlo být způsobeno například změnami ve skupenství srážek v první polovině dubna. Podzimní srážky jsou modelem velmi slabě podhodnocovány po roce 2005, což se relativně dobře shoduje se 24 hodinovou předpovědí. Předpověď modelu s předstihem 24 hodin se opět velmi dobře shoduje s 48 hodinovou předpovědí.





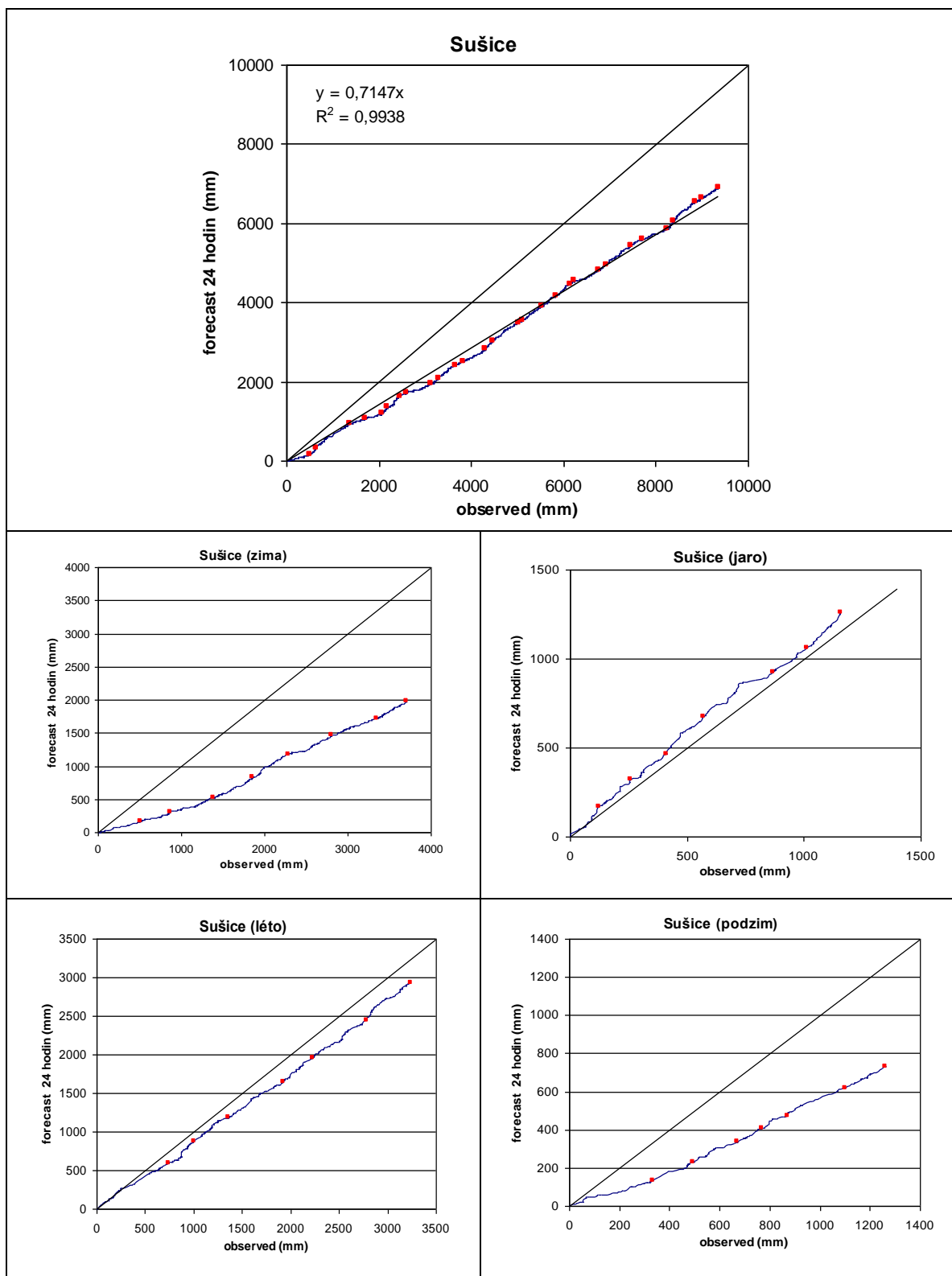
Obr.6.1.3.7 - Podvojně součtové řady pro povodí Sázavy za celý rok a jednotlivá roční období.

Od roku 2002 do roku 2004 předpovídal model srážky velmi přesně ve všech ročních obdobích, ale od počátku roku 2005 dochází k mírnému nadhodnocování srážek, a to také ve všech sledovaných ročních obdobích. Podobně jako u Chábor to bude velmi pravděpodobně způsobeno změnami v rozlišení modelu, díky nimž došlo ke zvýraznění pahorkatin a menších hor, což způsobilo následné zvýšení předpovídaných srážkových úhrnů v těchto oblastech.



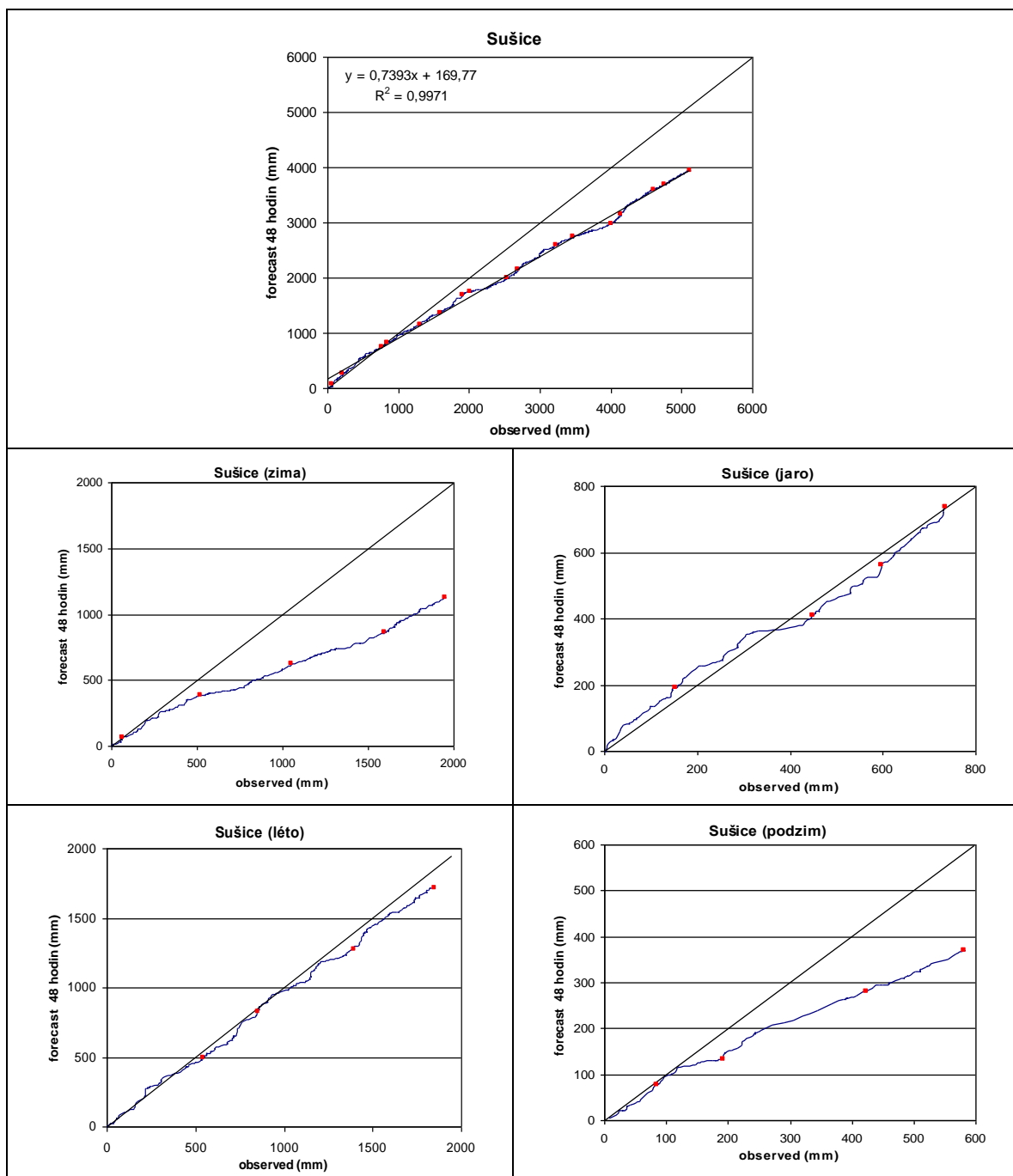
Obr.6.1.3.8 - Podvojně součtové řady pro povodí Sázavy za celý rok a jednotlivá roční období.

48 hodinová předpověď modelu ALADIN, sledovaná od roku 2005, vykazuje stejné výsledky jako 24 hodinová předpověď po roce 2005. Potvrzuje rovnoměrné nadhodnocování srážek po celé období s tím, že k nejmenšímu nadhodnocení dochází na podzim a největšímu během zimního období.



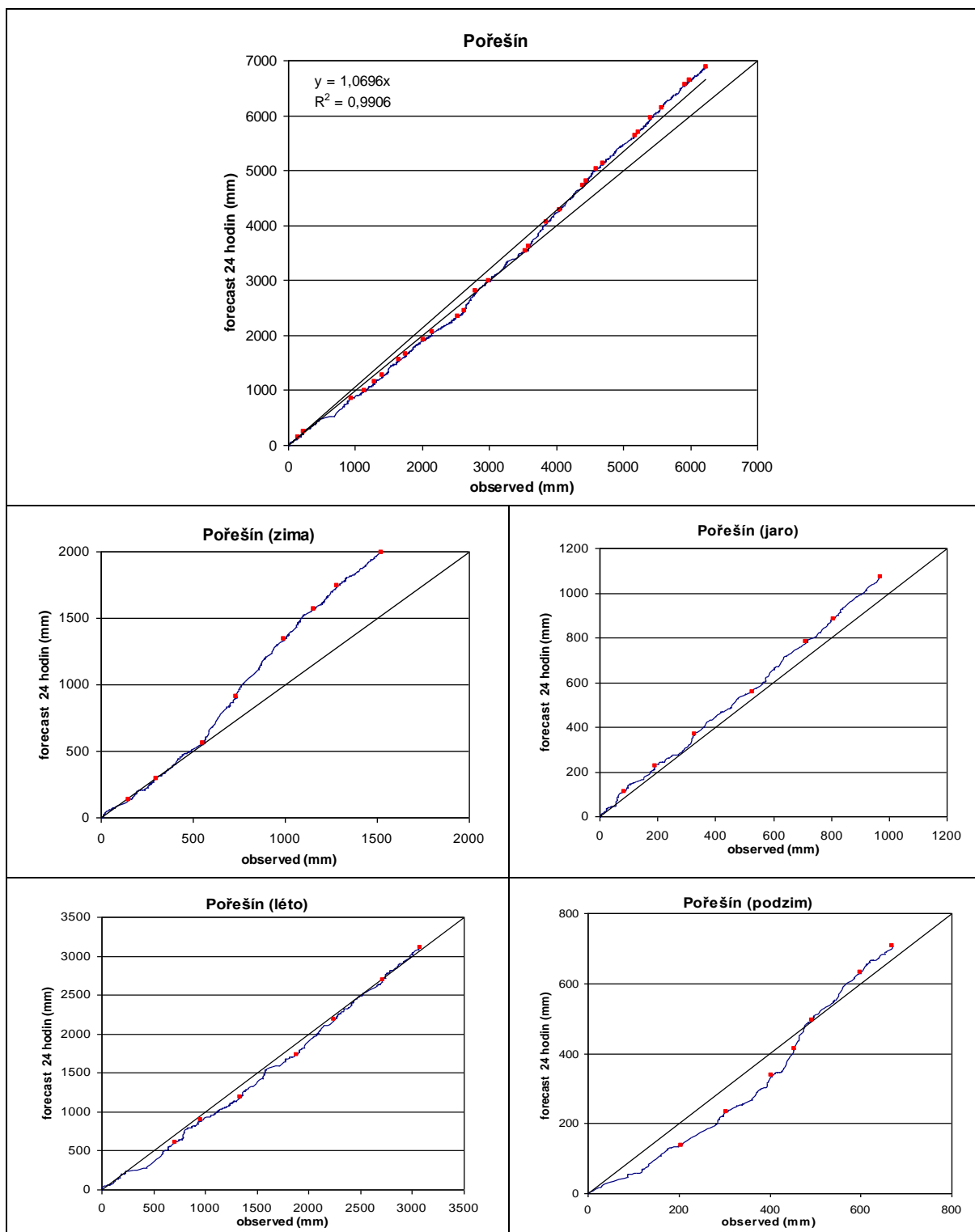
Obr.6.1.3.9 - Podvojně součtové řady pro povodí Otavy, celý rok a jednotlivá roční období.

Předpovědní model po celé sledované období rovnoměrně podhodnocuje srážkové úhrny. Velmi výrazně podhodnocuje především podzimní a zimní srážky, letní již pouze velmi slabě, ale taktéž po celé období. Jarní srážky však velmi nepatrně nadhodnocuje.



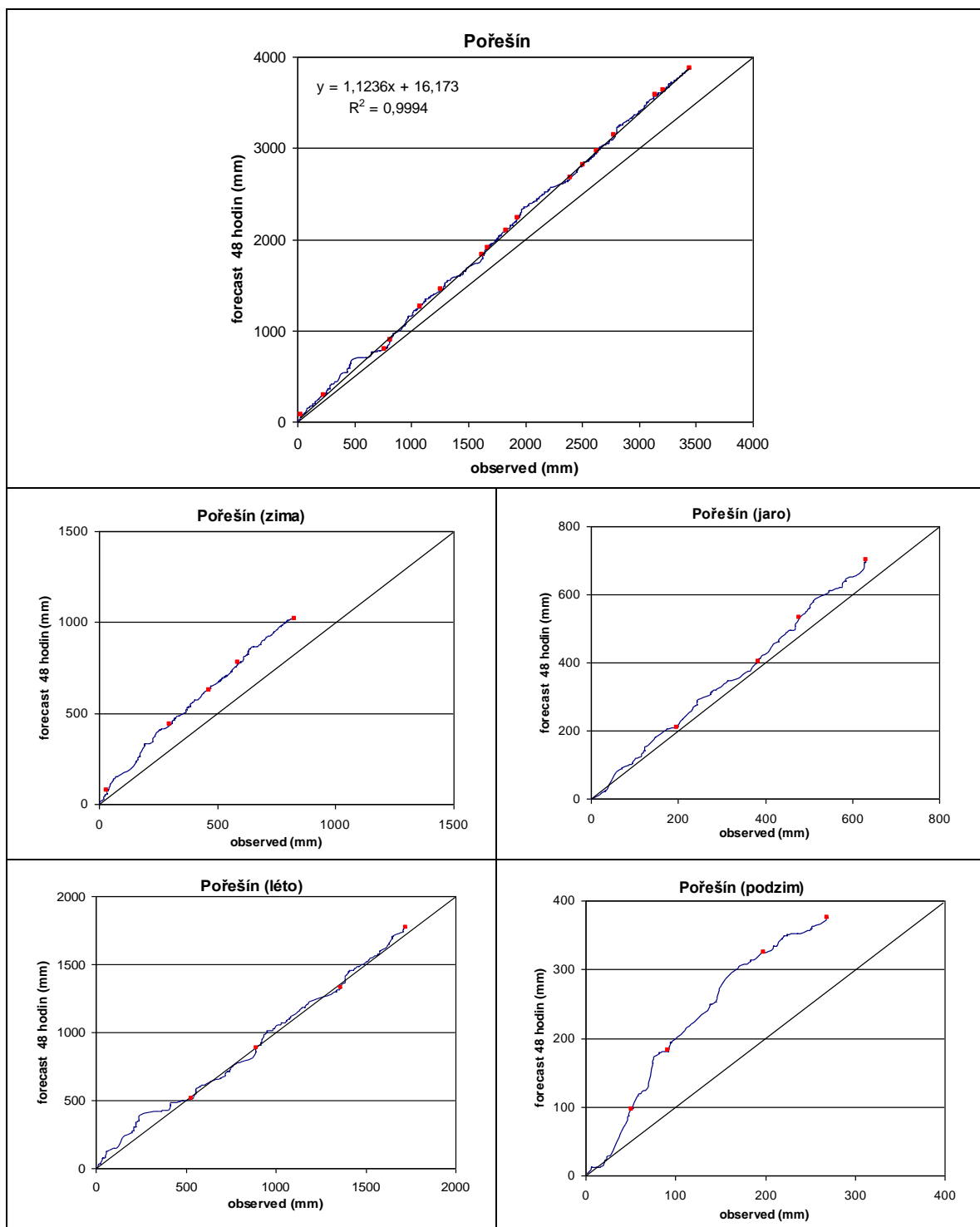
Obr.6.1.3.10 - Podvojně součtové řady pro povodí Otavy, celý rok a jednotlivá roční období.

48 hodinová předpověď pro stejné území vykazuje shodné výsledky jako předpověď 24 hodinová. Opět výrazně podhodnocuje podzimní a zimní srážky (s výjimkou roku 2005). Letní srážky jsou podhodnoceny velmi slabě, stejně jako u 24 hodinové předpovědi. Jarní srážky jsou mírně nadhodnocovány s výjimkou května 2006, kdy docházelo k výraznému podhodnocení srážek. Podhodnocení zimní srážek v této oblasti je zřejmě dáno tím, že je výrazně častější výskyt západních situací, při kterých přetékají intenzivní srážky přes hřeben Šumavy až na českou stranu, ale model ALADIN to neumí dostatečně předpovědět.



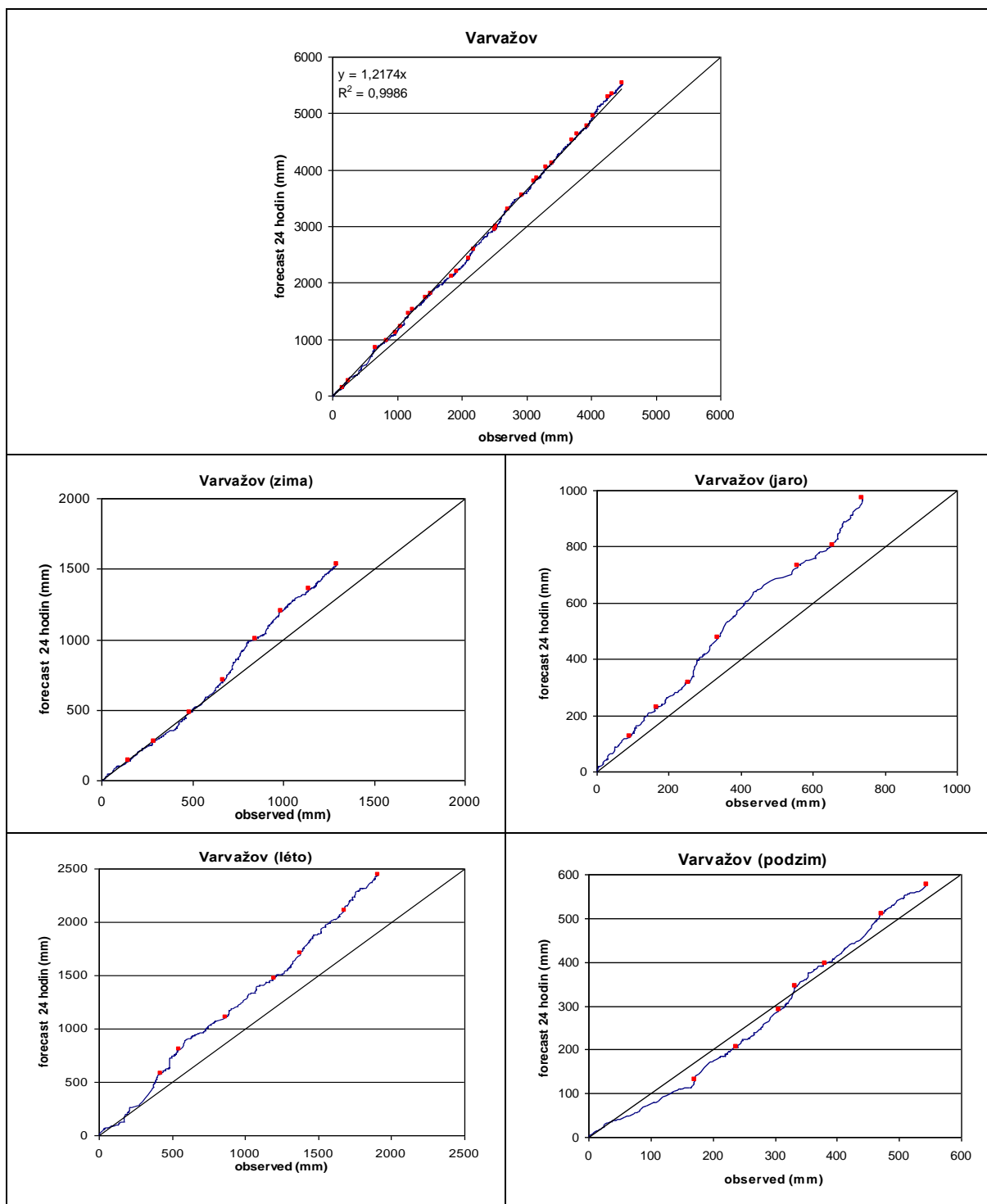
Obr.6.1.3.11 - Podvojně součtové řady pro povodí Malše pro celý rok a jednotlivá roční období.

V povodí Malše dochází od roku 2005 k nadhodnocení podzimních a především zimních srážek, což se samozřejmě projevuje i na hodnotách za celé sledované období. Jarní i letní srážky model předpovídá bez výraznějších změn velmi dobře po celé sledované období s tím, že jarní srážky jsou konstantně mírně nadhodnoceny.



Obr.6.1.3.12 - Podvojně součtové řady pro povodí Malše pro celý rok a jednotlivá roční období.

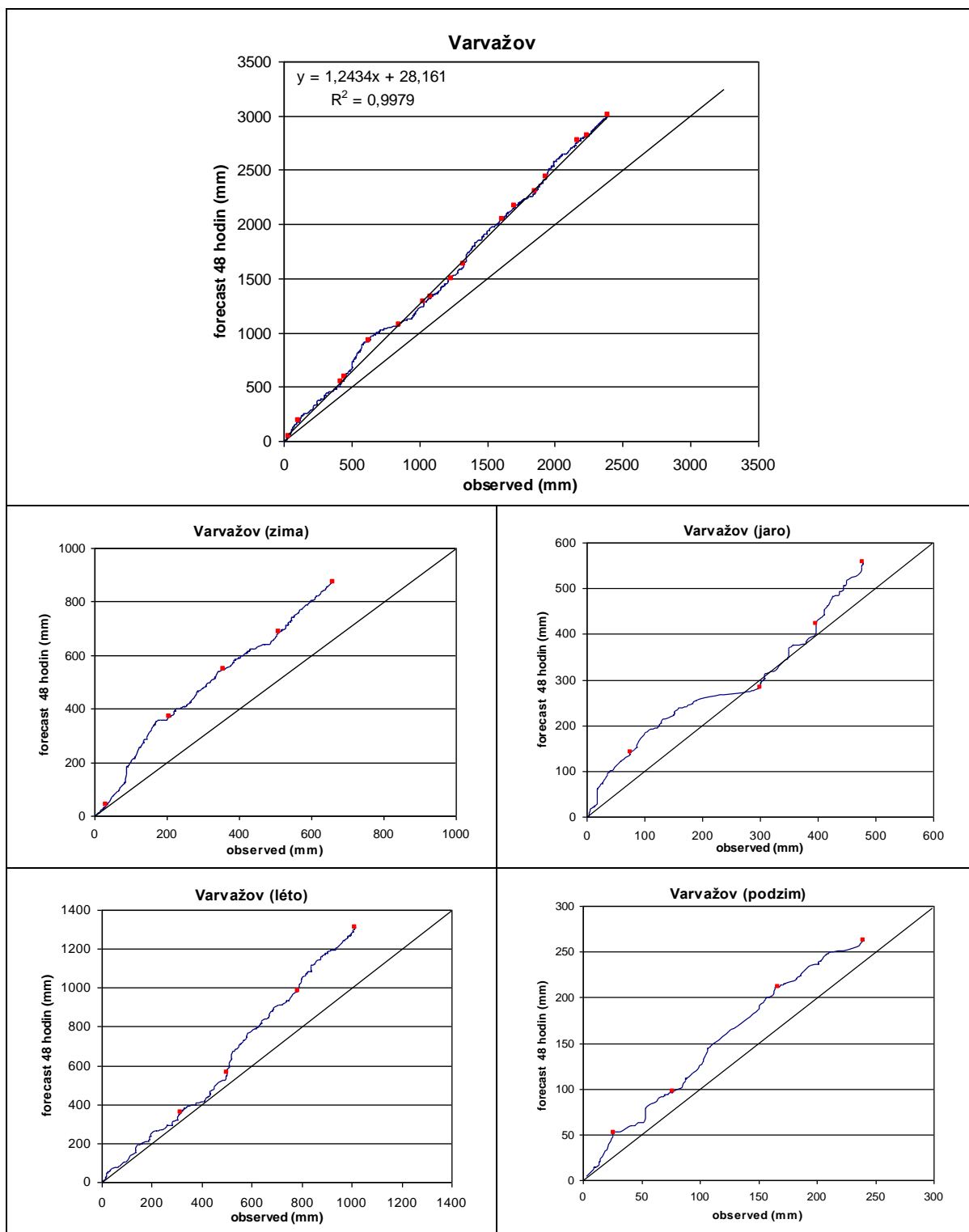
Také 48 hodinové předpovědi vykazují pro období od roku 2005 mírné nadhodnocení srážkových úhrnů, a to především na podzim a mírně také v zimě, což potvrzuje 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN. Letní srážky po celé období sledují osu kvadrantu a jarní srážky jsou velmi mírně, ale stabilně nadhodnoceny. Nadhodnocení srážek na podzim a především v zimě má velmi pravděpodobně stejný důvod jako v povodí Dědiny a Sázavy.



Obr.6.1.3.13 - Podvojně součtové řady pro povodí Skalice pro celý rok a jednotlivá roční období.

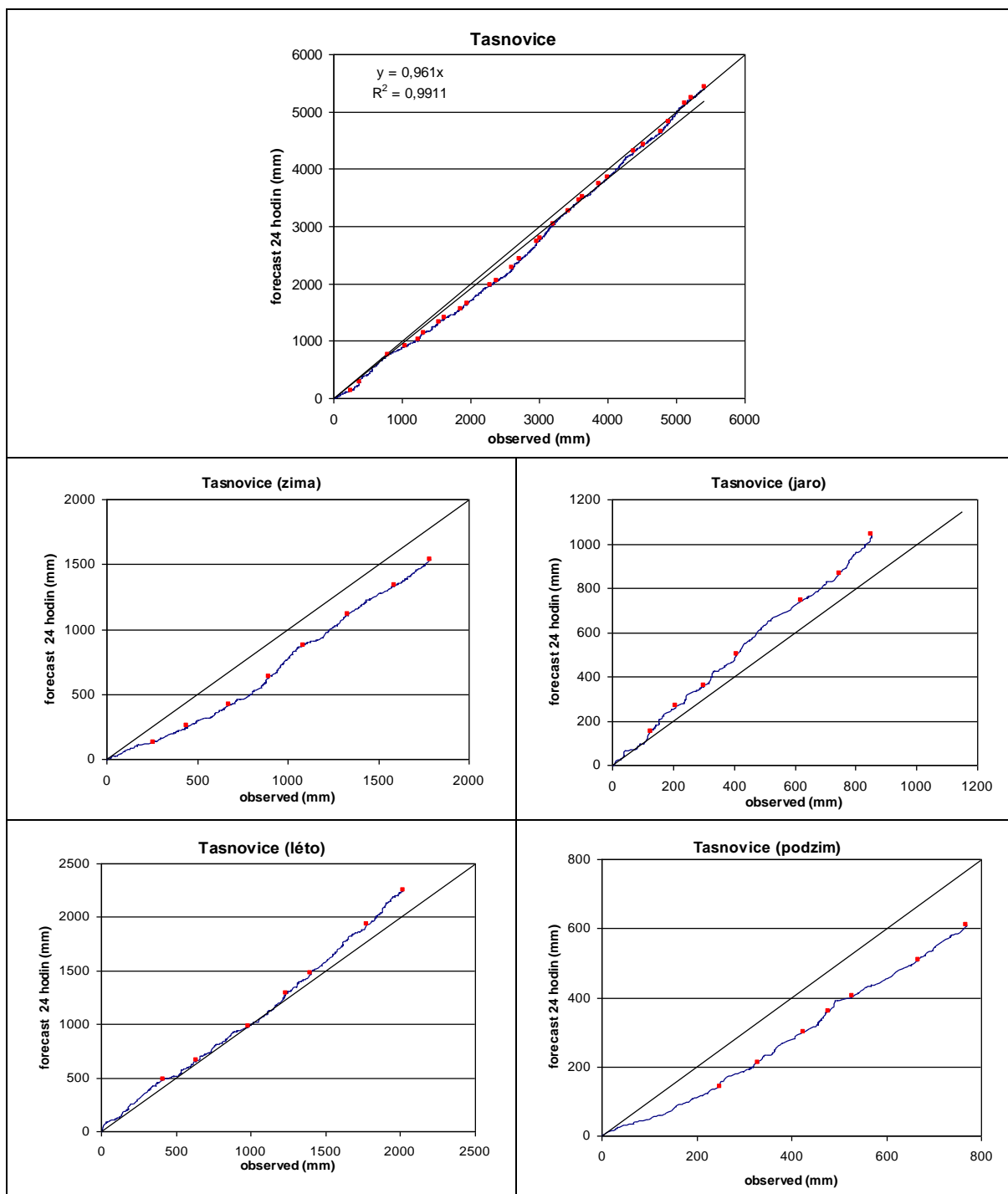
Předpovědní model pro povodí Skalice dlouhodobě mírně nadhodnocuje srážkové úhrny, přitom od roku 2005 je nadhodnocení o něco výraznější. Je to způsobené především tím, že od roku 2005 dochází k mírnému nadhodnocení srážek na podzim a v zimě, zatímco do roku 2005 byly nadhodnoceny pouze srážky v jarních a letních měsících. I zde to bude velmi pravděpodobně způsobeno již popsánymi změnami v rozlišení modelu ALADIN.





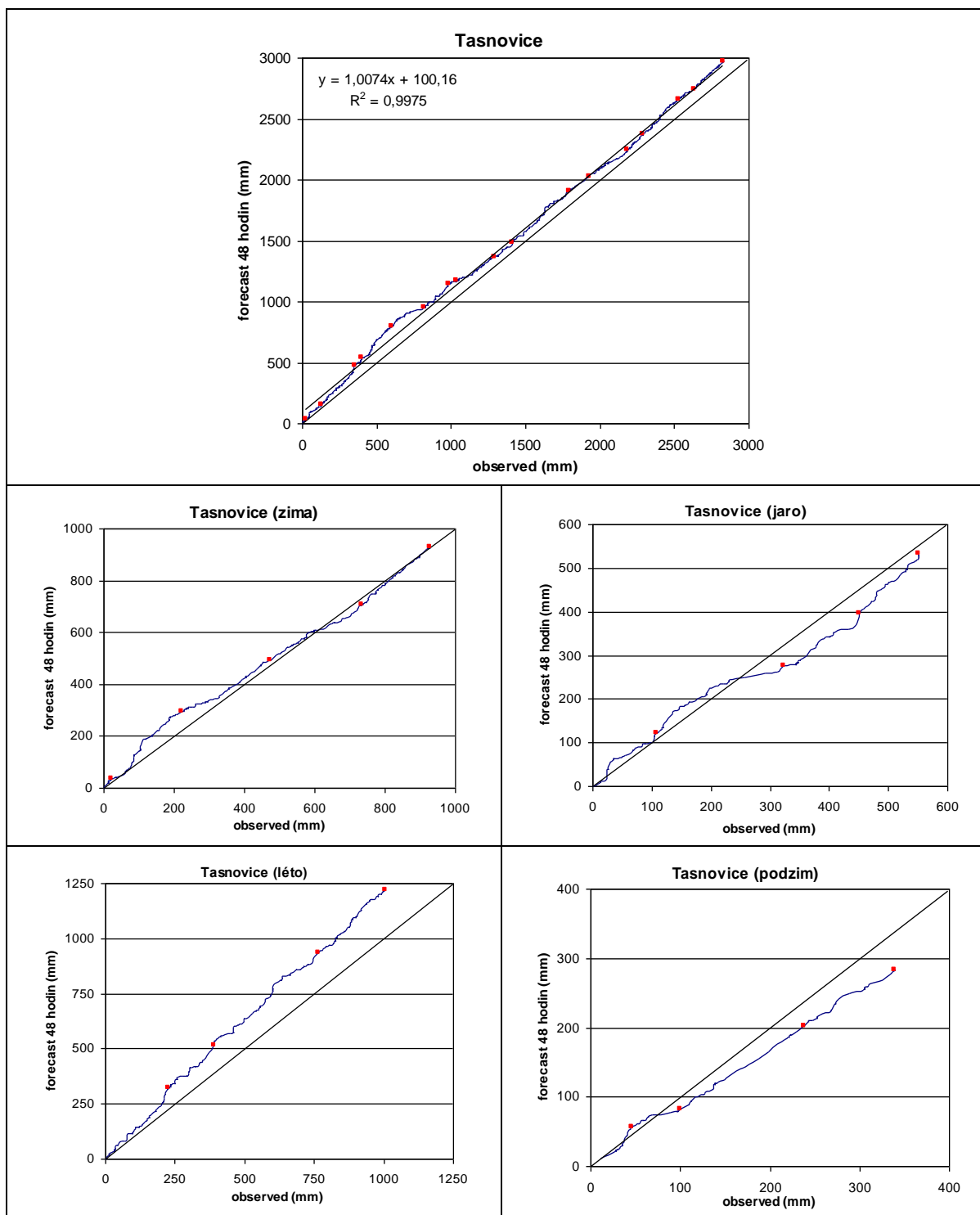
Obr.6.1.3.14 - Podvojně součtové řady pro povodí Skalice pro celý rok a jednotlivá roční období.

48 hodinová předpověď pro období od roku 2005 do roku 2009 taktéž srážky mírně nadhodnocuje a opět především na podzim a v zimě. Kolísání na jaře a v létě může být způsobeno nepřesnou předpovědí u srážek s vyššími úhrny (očekávaly se vysoké srážky, které toto povodí nezasáhly a naopak).



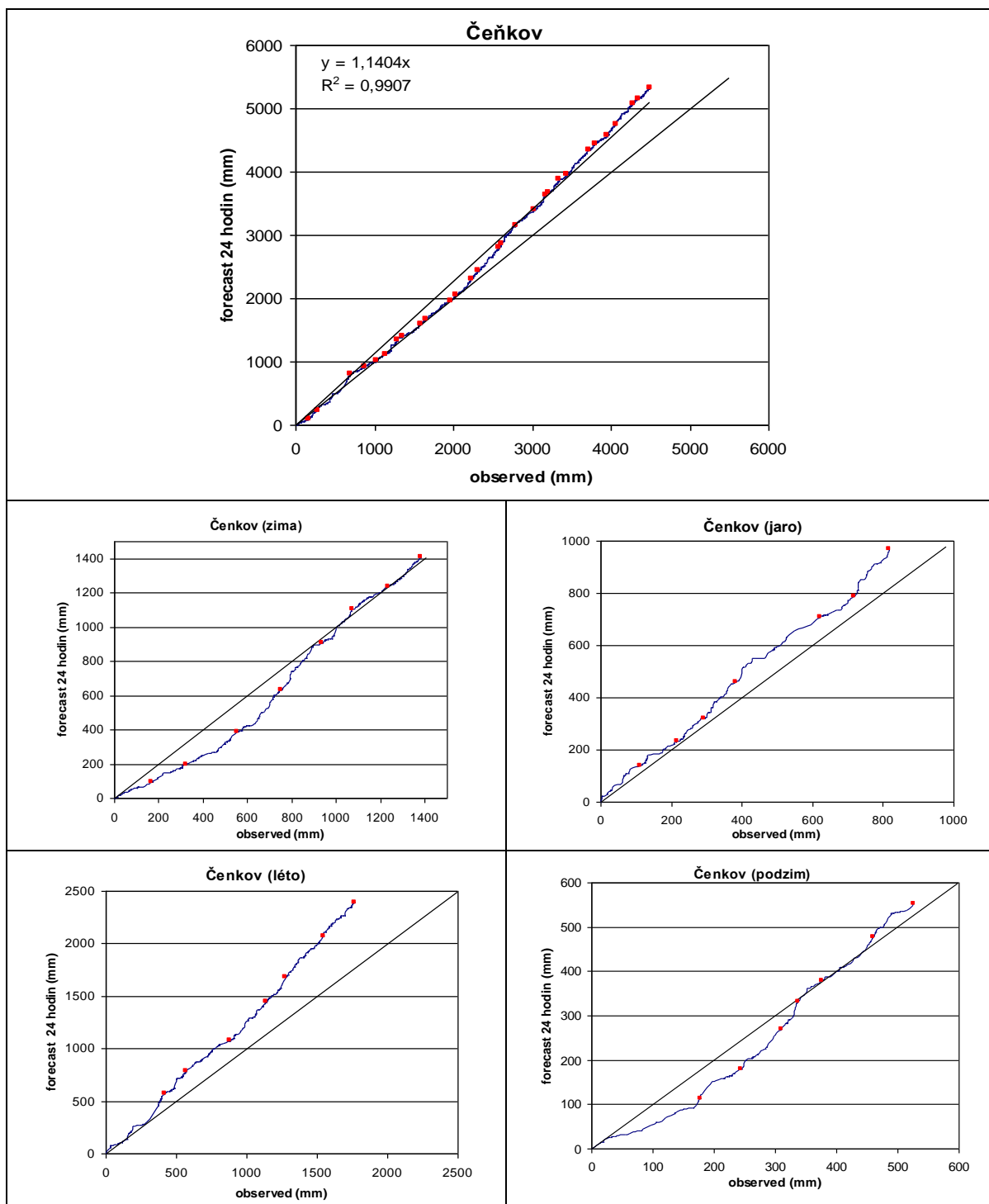
Obr.6.1.3.15 - Podvojně součtové řady pro povodí Radbuzy pro celý rok a jednotlivá roční období.

Na horním povodí Radbuzy docházelo k podhodnocení především podzimních a zimních srážek (velmi pravděpodobně stejná příčina jako v Sušici), a to hlavně do roku 2005, což následně potvrdila i 48 předpověď modelu ALADIN sledovaná právě od roku 2005. Model ALADIN také velmi slabě nadhodnocuje jarní a letní srážky (opět od roku 2005). To naznačuje, že by se od roku 2005 mohla i zde projevit změna v rozlišení modelu. Na celoroční řadě se však tyto výkyvy projevují jen minimálně.



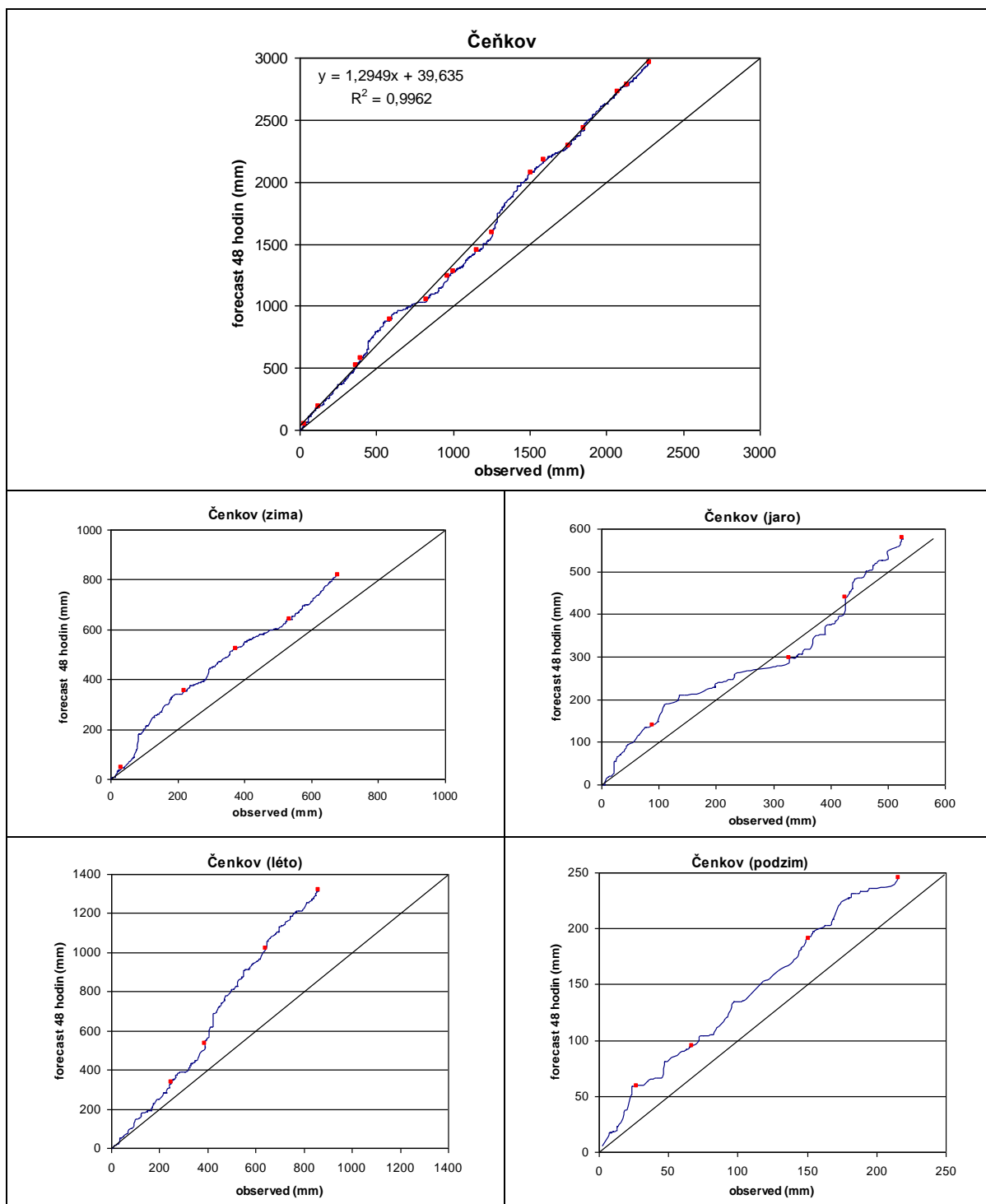
Obr.6.1.3.16 - Podvojně součtové řady pro povodí Radbuzy, celý rok a jednotlivá roční období.

48 hodinová předpověď nadhodnotila srážky pro toto povodí lehce v roce 2005 a od té doby se neustále drží osy kvadrantu, když v jednotlivých ročních obdobích dochází pouze k menším výkyvům. Mírně nadhodnocovány jsou letní srážky, jarní srážky vykazují naprosto stejné hodnoty kolísání jako předpovědi pro povodí Skalice. Podzimní srážky jsou kromě roku 2005 lehce podhodnocovány a zimní kolísají každý rok jinak, zřejmě dle množství srážek.



Obr.6.1.3.17 - Podvojně součtové řady pro povodí Litavky pro celý rok a jednotlivá roční období.

Dalším povodím, na kterém se předpovědi srážek mění od roku 2005 je povodí horní Litavky, kde dochází o tohoto roku k nadhodnocování srážek ve všech ročních obdobích. Podzimní a zimní srážky byly do roku 2005 znatelně podhodnocovány, ale od té doby dochází ke výraznému nadhodnocení. Letní srážky byly nadhodnocovány od počátku sledování, ale od roku 2005 dochází ke zvýšení nadhodnocení stejně jako u jarních srážek.



Obr.6.1.3.18 - Podvojně součtové řady pro povodí Litavky pro celý rok a jednotlivá roční období.

Dlouhodobá kumulovaná řada 48 hodinové předpovědi potvrdila závěry z předpovědi 24 hodinové. Po celé období od roku 2005 dochází k nadhodnocení srážek, a to nejvíce v zimě a v létě, podzimní srážky jsou dost rozkolísané a od roku 2006 nedochází k jejich nadhodnocení. Jarní srážky vykazují stejné parametry (velká rozkolísanost) jako v povodí Radbuzy a Skalice.

Z výše uvedených grafů vyplývá, že model ALADIN velmi dobře předpovídá celkový objem, ale i rozložení srážek v povodí horní Jizery, naopak výrazně podhodnocuje srážky v horských povodí Úpy a Otavy, a to zejména v zimním období, což je pravděpodobně způsobeno tím, že model nepředpokládá výskyt výrazných srážek za hřebenem Šumavy a Krkonoš. Tento jev se částečně projevuje i v povodí Radbuzy, ale zde nedochází k podhodnocení celkového objemu srážek.

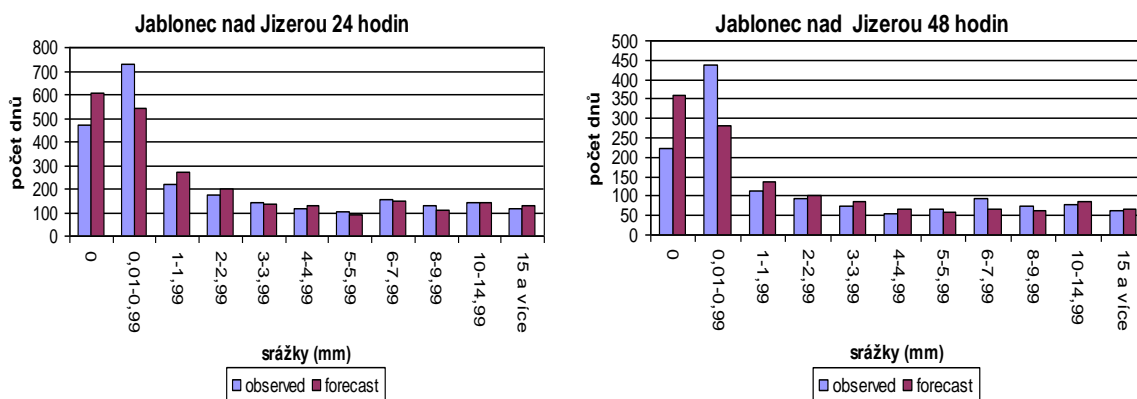
V povodí Dědiny a Sázavy model výrazněji nadhodnocuje srážky až od roku 2005 ve všech ročních obdobích, ale opět nejvíce v zimě. Zde je to s velkou pravděpodobností způsobeno změnami v modelu (model rozeznává i plošně méně výrazné celky, které dříve nebyly rozeznány), kdy bylo zvýrazněno návětrí. To se nejvíce projevuje právě v zimě při silném západním proudění.

Stejně tak dochází k nadhodnocení předpovědi srážek od roku 2005 i v dalších sledovaných povodích. V povodí Malše k tomu dochází výhradně na podzim a v zimě a v níže položených povodích Skalice a Litavky, které se nachází ve srážkovém stínu při západních srážkových situacích, se tento jev neprojevil tak výrazně.

Je tedy patrné, že předpověď modelu ALADIN není homogenní po celé sledované období a schopnosti modelu se mění v čase dle jeho vývoje. Zejména je patrný zlom související se změnami v rozlišení modelu po roce 2005. Tyto změny se projevily především v předpovědích srážek pro nižší a plošně méně rozsáhlá pohoří, zatímco předpovědi srážek pro vybrané oblasti Krkonoš a Šumavy se změny v rozlišení modelu dle očekávání prakticky netýkaly.

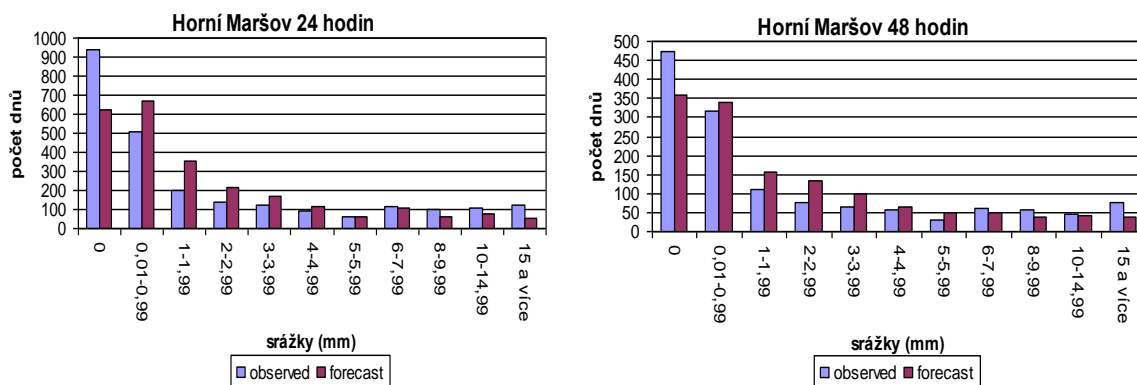
#### *6.1.4 Histogram frekvence četnosti výskytu srážek*

Jak již bylo zmíněno, jednotlivé intervaly byly vybrány tak, aby se v každém vyskytoval vypovídající počet hodnot ve všech sledovaných oblastech. Pro 48 hodinovou předpověď je ze známých důvodů použito kratší časové období, a proto se liší četnost pozorovaných frekvencí u 24 a 48 hodinové předpovědi.



Obr.6.1.4.1 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Jizery.

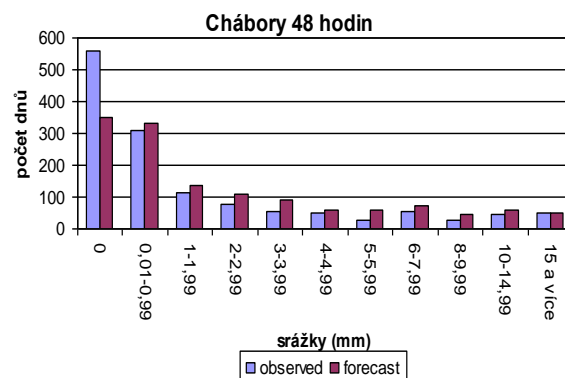
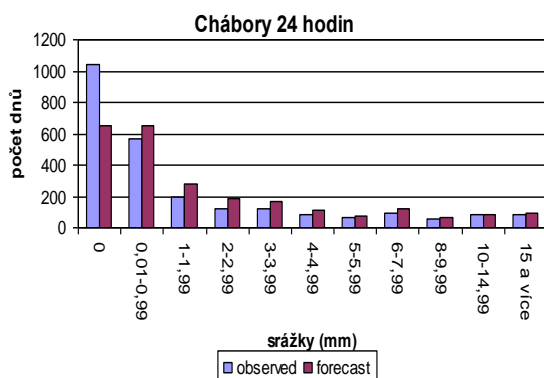
Předpovědní model ALADIN výrazně nadhodnotil počet dnů beze srážek na úkor podhodnocení srážek v intervalu 0,01 – 0,99 mm, což může být způsobeno častým výskytem horizontálních srážek na stanicích v tomto povodí (velmi často byly naměřeny úhrny do 0,10 mm, když model předpovídal, že se srážky nevyskytnou), nebo efektem povodí s více srážkoměry, kde i minimální srážkový úhrn v jedné stanici způsobí, že průměr povodí připadne již do kategorie se srážkami. Mírně nadhodnoceny byly také srážky do 3 mm.



Obr. 6.1.4.2 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Úpy.

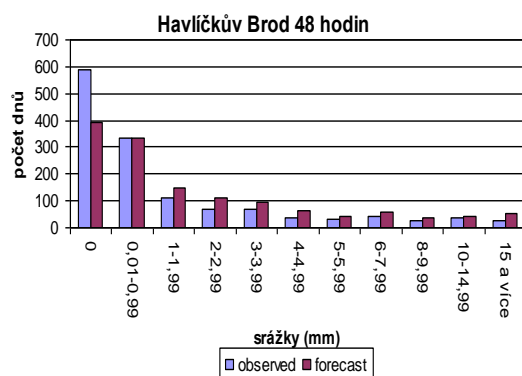
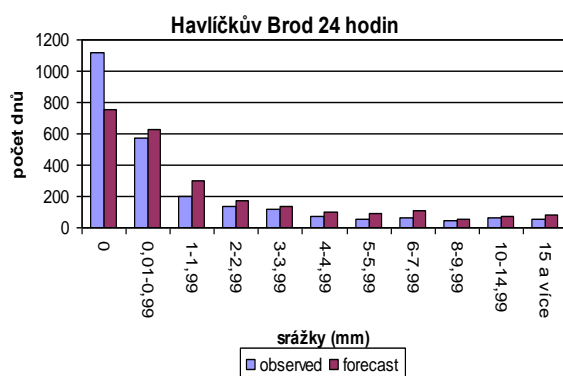
Předpovědní model výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek, zatímco mírně nadhodnocuje dny se srážkami od 0,01 do 1,99 mm (více u 24 hodinové předpovědi). K mírnému nadhodnocení dochází i u srážek od 2 do 5 mm. Model zde naopak podhodnocuje srážky nad 6 mm a nejvíce srážky nad 15 mm, což může být způsobeno zhlazenou orografií modelu ALADIN pro tuto oblast.





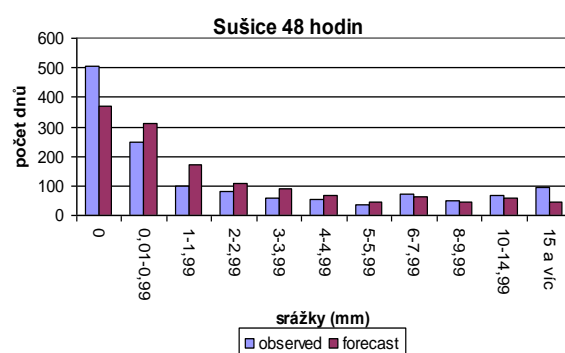
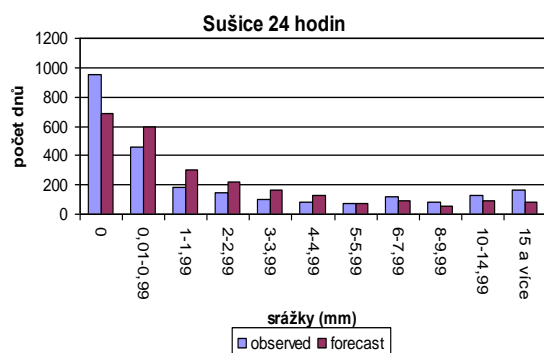
Obr.6.1.4.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Dědiny.

Jak 24 hodinová, tak také 48 hodinová předpověď modelu výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek na úkor poměrně rovnoměrného mírného nadhodnocení u ostatních intervalů, kromě srážek nad 15 mm, což může být způsobeno nadhodnocením vlivu návětrí.



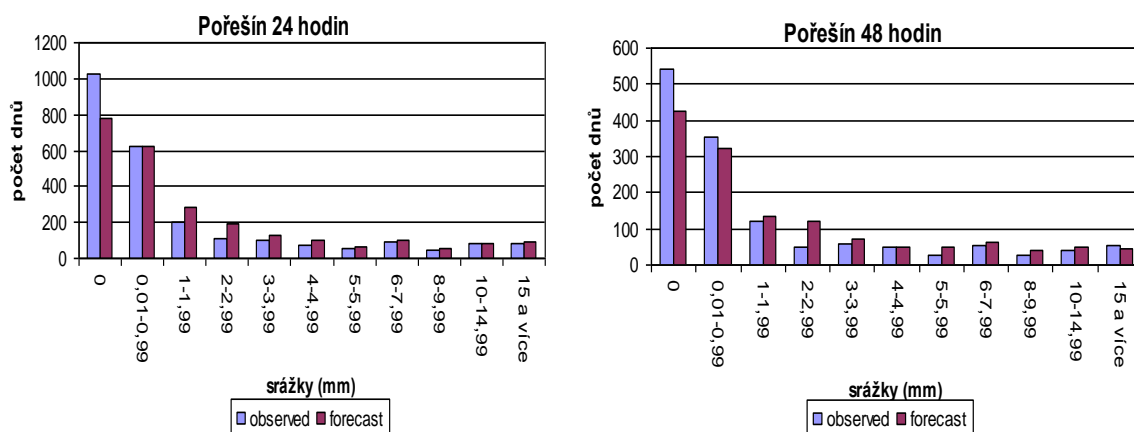
Obr.6.1.4.4 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Sázavy.

Předpovědní model opět výrazně podhodnotil počet dnů beze srážek, zatímco slabě nadhodnotil dny se srážkami většími než 1 mm. Zde je to velmi pravděpodobně způsobeno změnou parametrů modelu ALADIN, který zde od roku 2005 začal nadhodnocovat srážky.



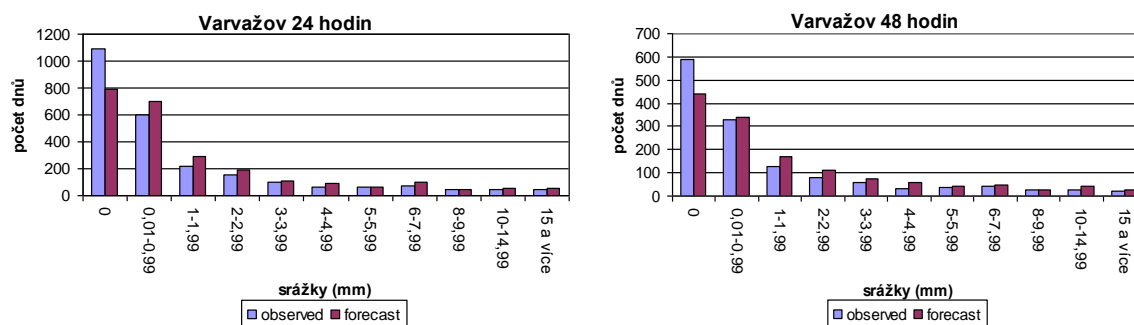
Obr.6.1.4.5 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Otavy.

Srážkový model zdatelně nadhodnocuje počet dnů se srážkami od 0,01 do 1,99 mm a mírně také od 2 do 3,99 mm, zatímco výrazně podhodnocuje dny beze srážek a dny se srážkovým úhrnem nad 15 mm. Model zde zřejmě nepočítá s tím, že orograficky zesílené srážky na německé straně Šumavy vypadávají i za hřebenem do povodí Otavy.



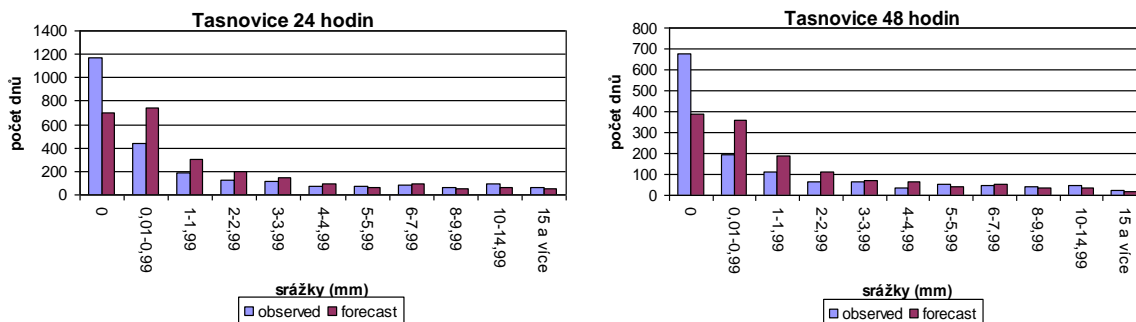
Obr.6.1.4.6 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Malše.

Stejně jako u 24 hodinové předpovědi je značně podhodnocen počet dnů beze srážek, model také slabě podcenil dny se srážkami od 0,01 do 0,99 mm. Naopak mírně nadhodnotil dny se srážkami od 2 do 2,99 mm. Model zde pravděpodobně nepočítá s možným srážkovým stínem Šumavy při silném západním proudění, případně je na vině změna parametrů modelu od roku 2005.



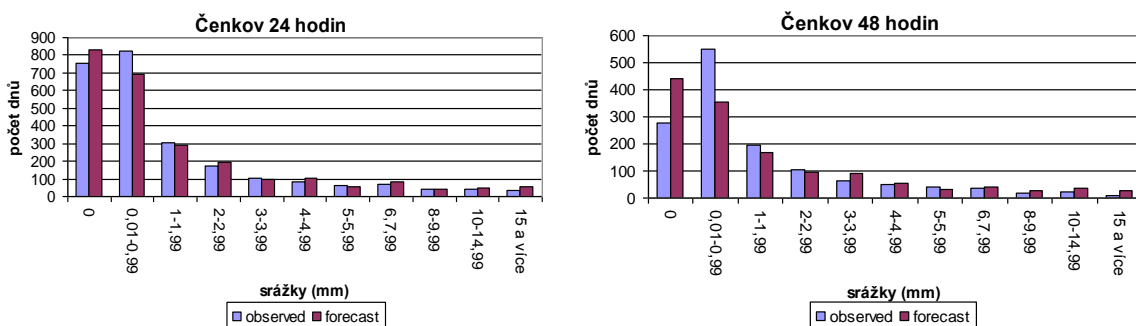
Obr.6.1.4.7 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí Skalice.

Jak 24, tak také 48 hodinová předpověď modelu ALADIN značně podhodnotila počet dnů beze srážek, zatímco mírně nadhodnotila dny se srážkami od 1 do 3 mm. Ostatní kategorie byly nadhodnoceny jen velmi nepatrně. I zde to může být způsobeno tím, že model nepředpokládá s tak výrazným srážkovým stínem Brd a Šumavy.



Obr.6.1.4.8 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Radbuzy.

Také zde předpovědní model velmi výrazně podhodnotil dny beze srážek a naopak značně nadhodnotil počet dnů se srážkami do 1 mm a mírně od 1 do 3 mm.



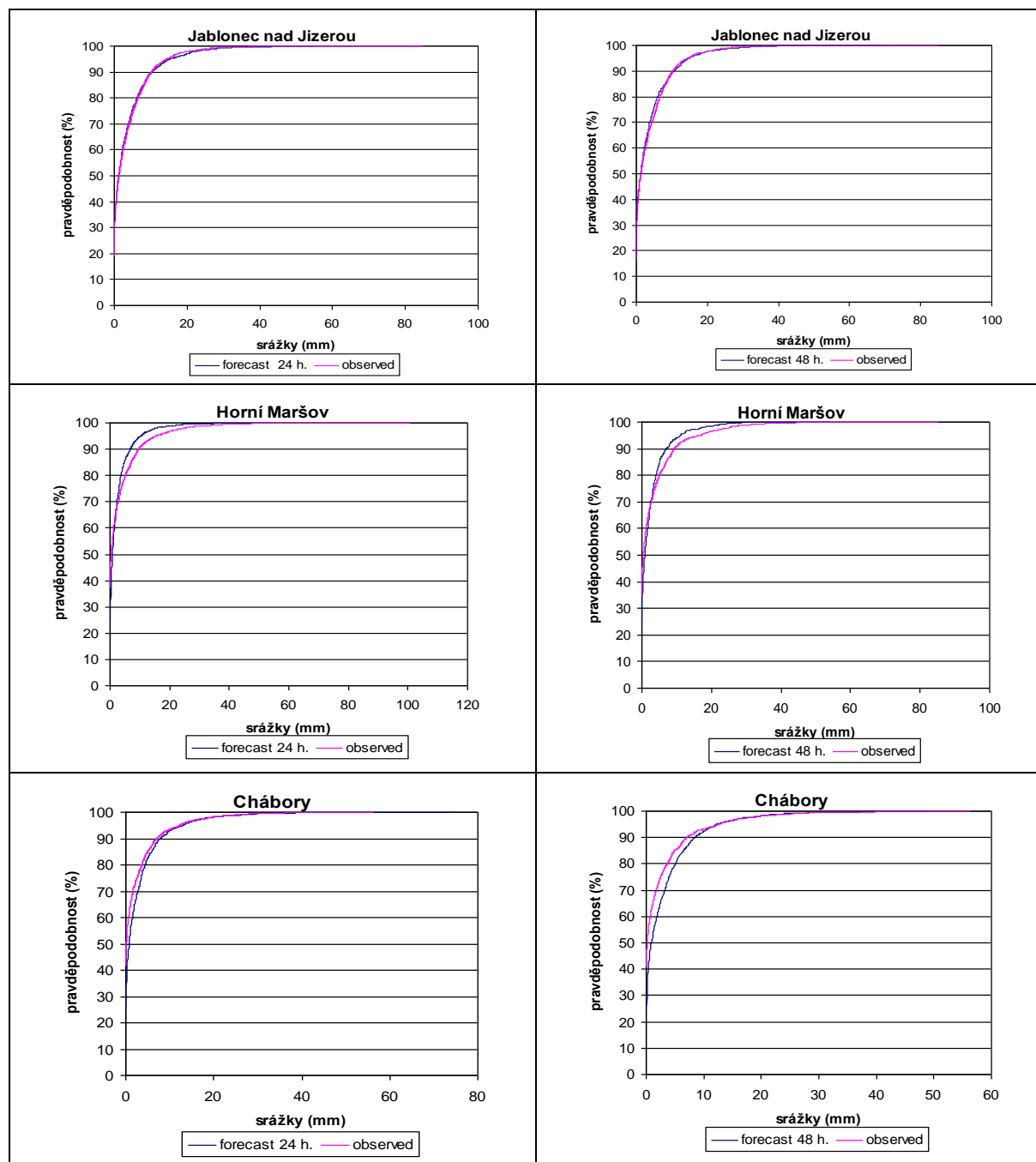
Obr.6.1.4.9 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Litavky.

Předpovědní model výrazně nadhodnotil dny beze srážek, ale naopak výrazně podhodnotil počet dnů se srážkami od 0,01 do 0,99 mm. K mírnému nadhodnocení dochází i u vyšších srážkových úhrnů.

Pro většinu povodí je typické poměrně značné podhodnocení počtu dnů beze srážek a naopak nadhodnocení srážkových úhrnů od 0,01 do 3-5 mm. Ostatní intervaly již nadhodnoceny nejsou, nebo jen velmi nepatrně. Vymykají se pouze horní povodí Jizery a Litavky, kde dochází k nadhodnocení počtu dnů beze srážek a podhodnoceny jsou až srážky v intervalu 0,01- 0,99 mm (může to být způsobeno efektem povodí s více srážkoměry, kde i minimální srážkový úhrn v jedné stanici způsobí, že průměr povodí připadne již do kategorie se srážkami). Odlišně se jeví také povodí Úpy, Otavy a Radbuzy, kde dochází k výraznému podhodnocení srážkových úhrnů nad 8 mm, což je pravděpodobně způsobeno již zmíněnou neschopností modelu zachytit srážky za výrazným horských hřebenem.

Rozdíl mezi 24 a 48 hodinovou předpovědí není příliš patrný pouze v povodí Jizery a Litavky, kde dochází k většímu nadhodnocení počtu dnů beze srážek, což by mohlo souviset s přidáním srážkoměrů do těchto povodí po roce 2005.

### 6.1.5 Kumulativní distribuční funkce

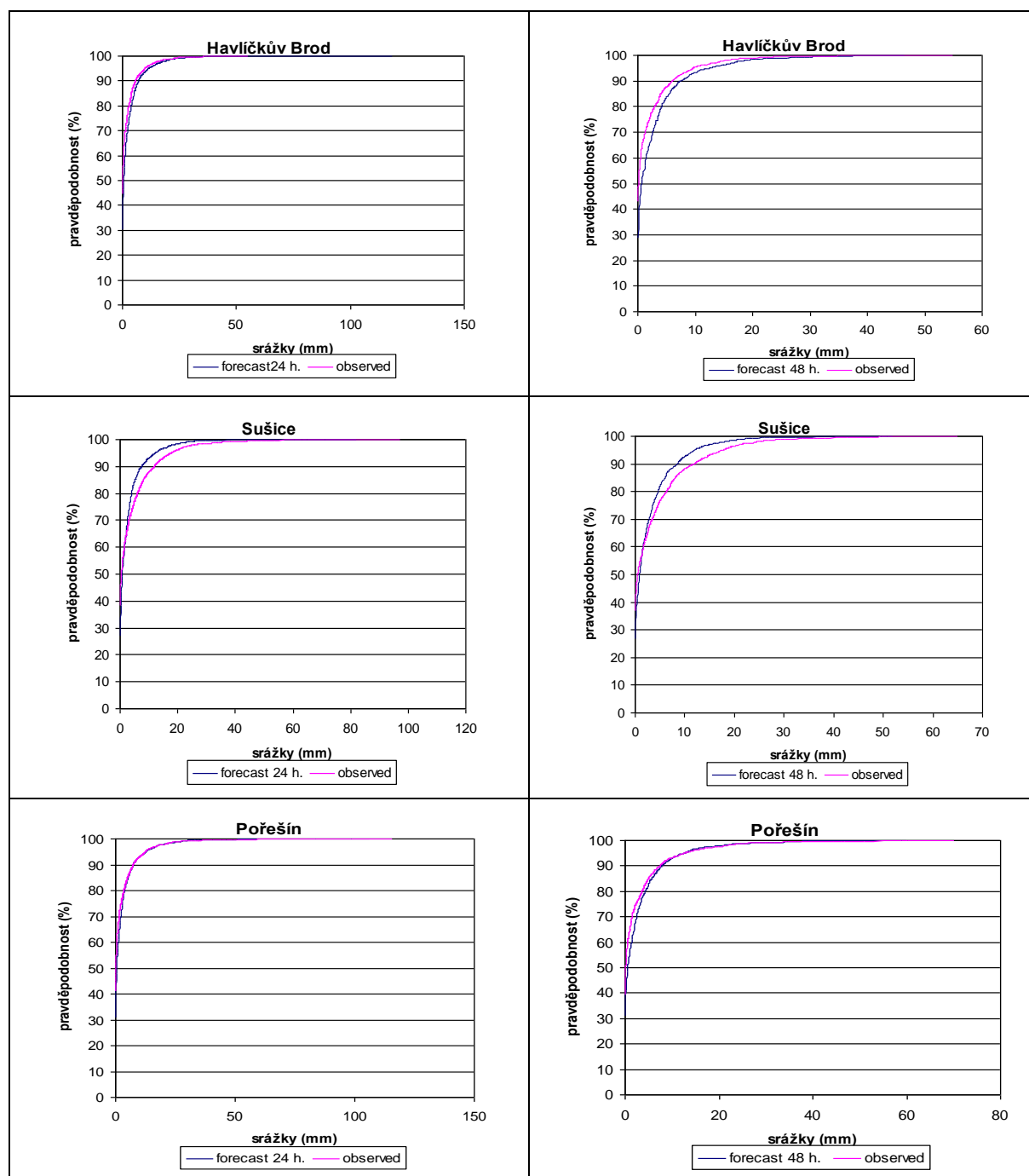


Obr.6.1.5 – Kumulativní distribuční funkce pozorovaných srážek a předpovědi srážek modelu ALADIN, předstih 24 hodin vlevo, 48 hodin vpravo.

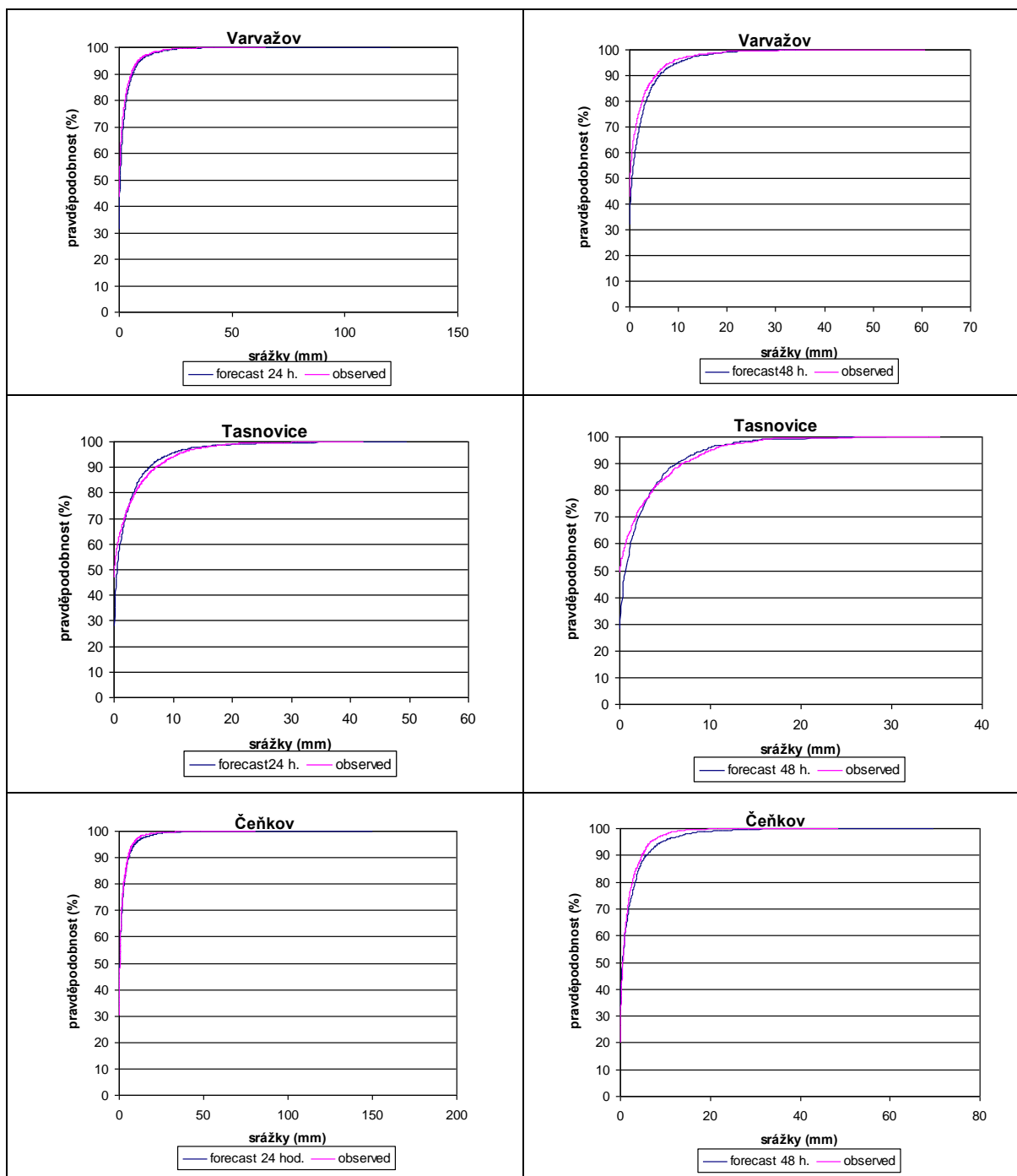
Předpovědní model pro povodí horní Jizery znatelně nadhodnocuje počet dnů beze srážek a výrazně podhodnocuje srážková maxima. Jinak je ovšem dobře patrná shoda průběhu křivek.

Stejně tak povodí horní Úpy se týká výrazné podhodnocení srážkových maxim, stejně tak jako podhodnocení počtu dnů beze srážek. Dále je znatelné podhodnocení celkového objemu srážek v tomto povodí, což bylo potvrzeno také metodou podvojně součtové čáry.

Předpovědní model také v povodí Dědiny poměrně výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek, ale narozdíl od 24 hodinové předpovědi podhodnocuje srážková maxima. Může to být dáno kratší dobou pozorování, protože jsou zachyceny jen některé srážkově významné události. Také dochází k nadhodnocení celkového objemu srážek, které je logicky výraznější u 48 hodinové předpovědi, protože ta je vyhodnocována až od roku 2005, kdy po změně parametrů model začal srážky v tomto povodí nadhodnocovat.



Obr.6.1.5 (pokračování) – Kumulativní distribuční funkce pozorovaných srážek a předpovědi srážek modelu ALADIN, předstih 24 hodin vlevo, 48 hodin vpravo.



Obr.6.1.5 (pokračování) – Kumulativní distribuční funkce pozorovaných srážek a předpovědi srážek modelu ALADIN, předstih 24 hodin vlevo, 48 hodin vpravo.

Předpovědní model ALADIN pro povodí horní Sázavy značně podhodnocuje počet dnů beze srážek, ale naopak nadhodnocuje srážková maxima. Podobně jako u Chábor je zde ze stejných důvodů nadhodnocen celkový objem srážek především u 48 hodinové předpovědi.

Pro povodí Otavy model ALADIN jak při 24 hodinové, tak při 48 hodinové předpovědi mírně podhodnocuje dny beze srážek a výrazně podhodnocuje také srážková maxima. Je zde patrné i celkové podhodnocení srážek, které je v této oblasti zapříčiněno neschopností

modelu předpovědět výraznější srážky, které se dostanou do tohoto povodí přes hřeben Šumavy.

Také v povodí Malše je patrné mírné podhodnocení dnů beze srážek (především u 48 hodinové předpovědi) a též podhodnocení maximálních srážkových úhrnů. U 24 hodinové předpovědi je patrná dobrá shoda obou křivek.

24 hodinová předpověď modelu pro povodí Skalice tradičně mírně podhodnotila počet dnů beze srážek, ale pro změnu výrazně nadhodnotil srážková maxima. Jinak je zde dobrá shoda předpovídaných a naměřených hodnot. Předpověď s předstihem 48 hodin také podhodnotila počet dnů beze srážek a též výrazně podhodnotila maximální srážky na rozdíl od 24 hodinové předpovědi. Od roku 2005 docházelo i zde k mírnému nadhodnocení srážek, které projevilo u 48 hodinové předpovědi.

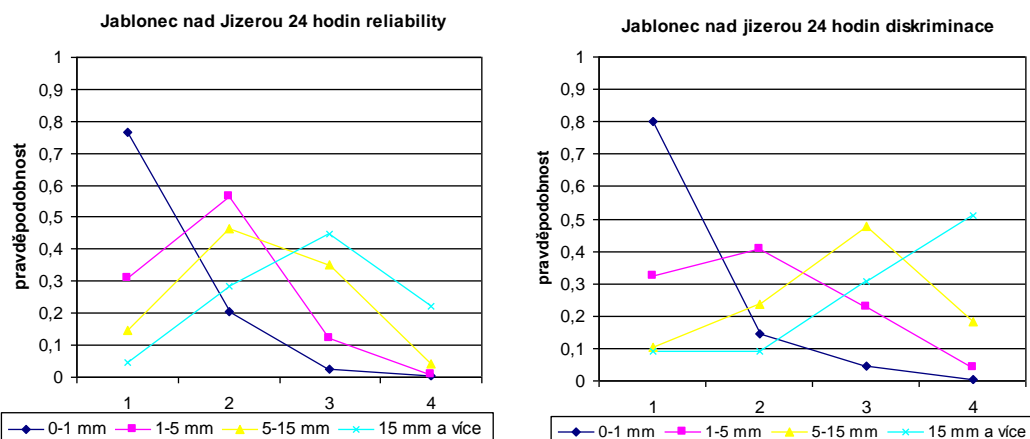
Pro povodí Radbuzy model výrazně podhodnocuje dny beze srážek, ale mírně nadhodnocuje maximální srážkové úhrny. Také 48 hodinová předpověď výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek, ale oproti 24 hodinové předpovědi podhodnocuje i maximální srážkové úhrny.

Předpovědní model ALADIN pro povodí horní Litavky nadhodnocuje jak počet dnů beze srážek, tak také maximální srážkové úhrny a to se týká jak 24 hodinové předpovědi, tak předpovědi s předstihem 48 hodin. Jinak je ovšem patrná velmi dobrá shoda obou křivek, především u 24 hodinové předpovědi.

Z výše uvedených grafů vyplývá, že na většině stanic je podhodnocován počet dnů beze srážek (s výjimkou povodí Jizery a Litavky). Stejně tak jsou ve většině sledovaných oblastech podhodnocována srážková maxima, a to mnohem častěji u 48 hodinové předpovědi srážek než u 24 hodinové, u které k tomuto jevu nedochází v povodí Dědiny, Sázavy, Skalice a Radbuzy.

Pouze v povodí Otavy a Litavky jsou srážková maxima výrazně nadhodnocována jak 24, tak 48 hodinovou předpovědí modelu. K výrazné shodě mezi předpovědí modelu a skutečností dochází především tam, kde nedochází k celkovému nadhodnocení či podhodnocení objemu srážek, což se týká především povodí Jizery a 24 hodinové předpovědi v povodí Litavky, Skalice a Malše.

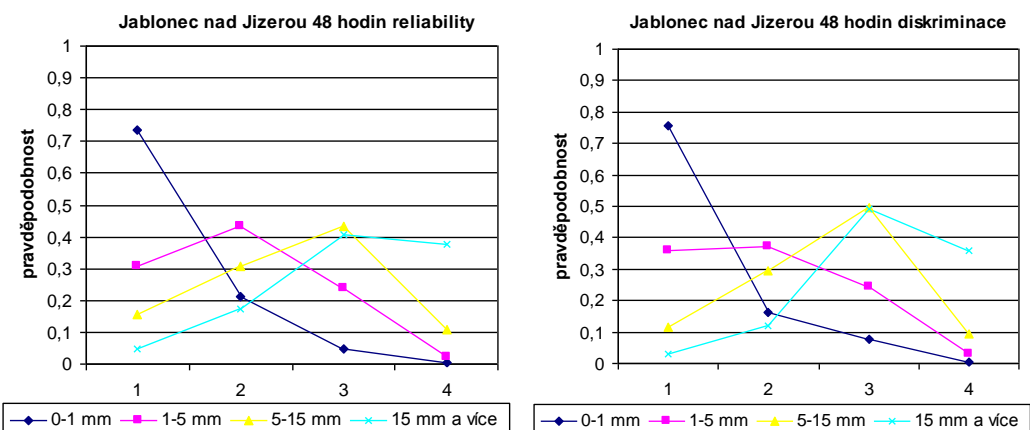
### 6.1.6 Diagram hodnověrnosti předpovědi srážek a diskriminační diagram



Obr.6.1.6.1 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Jizery.

Pokud předpověď modelu udávala srážky do 1 mm, v téměř 80 % případů se tak i stalo a pouze výjimečně se vyskytly srážky nad 5 mm. Když bylo předpovíáno od 1 do 5mm, tak se téměř v 90 % případů opravdu vyskytly srážky do 5 mm. Při předpovědi 5-15 mm se tyto srážky vyskytly v 35 % případů, ale důležité je, že se téměř nevyskytovaly vysoké srážkové úhrny ani zanedbatelné srážky do 1mm. Při předpovědi více než 15 mm se v 65 % případů vyskytly srážky alespoň nad 5 mm.

Při výskytu srážek do 1 mm, byly tyto srážky v téměř 80 % předpovíány. Jakmile se vyskytly srážky od 1 do 5 mm, tak ve více než 70 % všech případů byly opravdu srážky do 5 mm očekávány. Když se vyskytly srážky od 5 do 15 mm, tak byly předpovíány v téměř 50 % případů, pouze cca 20 % očekávalo 1-5 mm nebo více než 15 mm. Pokud se vyskytly vysoké srážkové úhrny nad 15 mm, tak bylo v 80 % případů také očekáváno nad 5 mm srážek, což je vynikající předpověď.

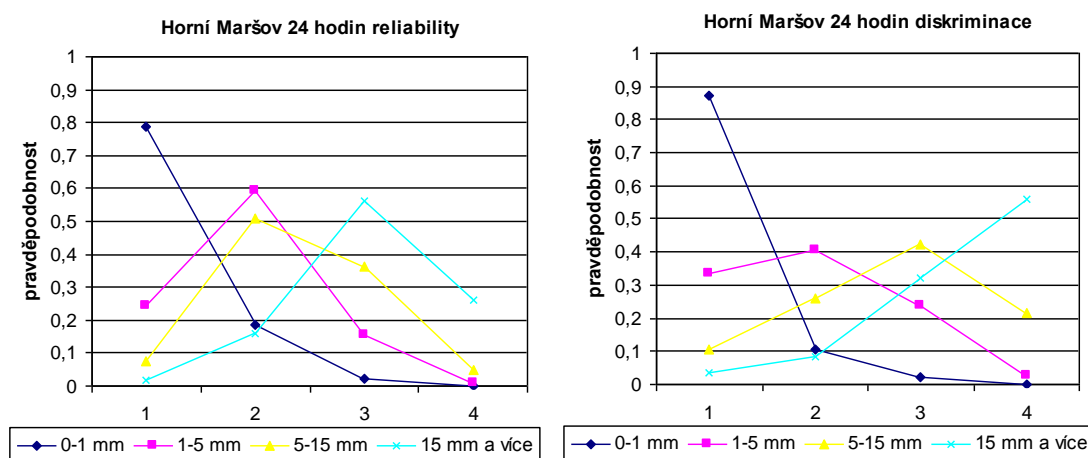


Obr.6.1.6.2 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Jizery.



Předpověď s předstihem 48 hodin potvrdila velmi dobrou úspěšnost modelu předpovídat srážky do 1 mm, o něco hůře se jeví předpověď 1-5 mm, ale naopak lépe byly předpovězeny srážky od 5 do 15 mm a především nad 15 mm, což je poněkud překvapivé, protože 24 hodinová předpověď by měla být přesnější, co se předpovědi srážkových maxim týče.

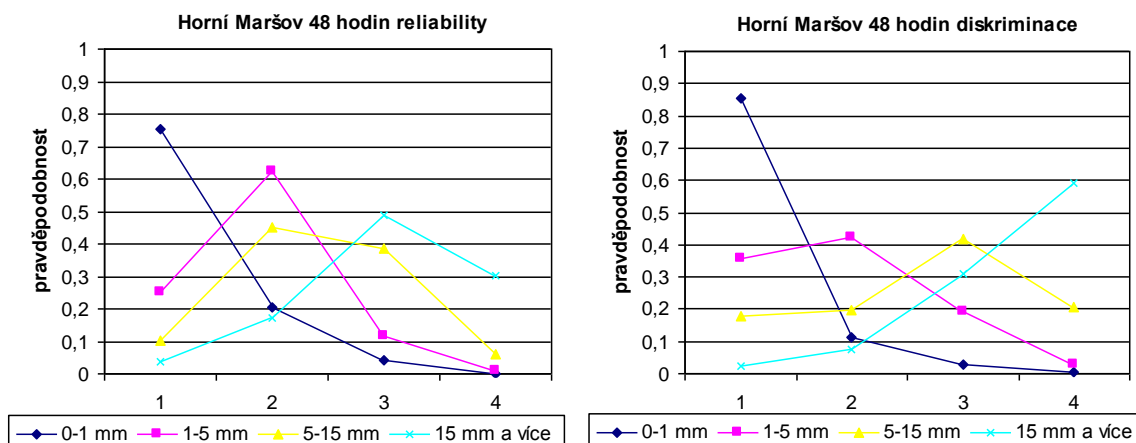
Při výskytu srážek do 1 mm byly ve více než 75 % předpovídaný, zatímco srážky nad 5 mm jen výjimečně. Když se vyskytly srážky od 1 do 5 mm, byly předpovídaný téměř v 40 % případů, ovšem stejně jako srážek do 1 mm bylo důležité, že srážky nad 15 mm nebyly očekávány. Jakmile nastaly srážky 5-15 mm, byly předpovídaný téměř v 50 % případů (35 % udávalo více než 15mm). Vysoké srážkové úhrny byly předpovídaný ve více než 35 % případů (v 50 % případů se očekávalo 5-15 mm).



Obr.6.1.6.3 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Úpy.

Pokud mělo v povodí horní Úpy spadnout do 1 mm srážek, tak se tak ve skutečnosti stalo v 80 % případů a srážkové úhrny nad 5 téměř nebyly zaznamenány. Jakmile ALADIN předpovídal 1-5 mm, tak bylo z 60 % opravdu toto množství srážek naměřeno a vyšší srážky byly opět naměřeny pouze sporadicky. Pokud předpověď udávala 5-15 mm, tak bylo ve většině případů naměřeno od 1 do 15 mm, když byly očekávány vysoké srážkové úhrny, tak v téměř 85 % případů bylo naměřeno 5 a více mm.

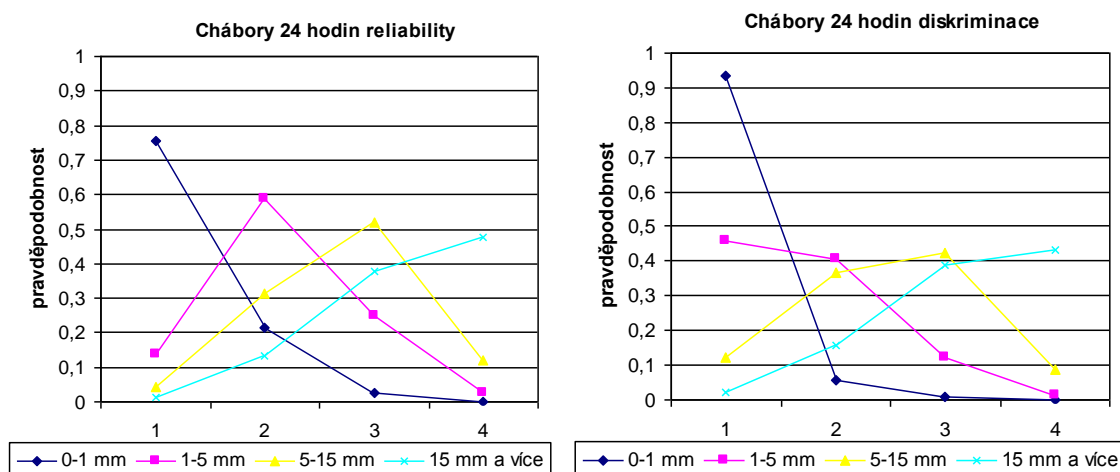
Pokud byly naměřeny srážky do 1 mm, tak v téměř 90 % případů byly také předpovídaný, jakmile byly naměřeny srážky 1-5 mm, tak ve více než 70 % byly očekávány srážky do 5 mm. Srážky od 5 do 15 mm model očekával ve 40 % případů a pouze v 10 % očekával srážky menší než 1 mm. Při výskytu srážek nad 15 mm model předpovídal ve více než 85 % případů srážky nad 5 mm.



Obr.6.1.6.4 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Úpy.

48 hodinová předpověď se co se týče hodnověrnosti shodovala s předpovědí 24 hodinovou. Pokud se měly vyskytnout nízké srážkové úhrny do 5 mm, tak se tyto předpovědi z více než 80 % vyplnily, pokud model předpovídal 5-15 mm, tak bylo ve více než 80 % naměřeno od 1 do 15 mm. Jakmile byly očekávány srážky nad 15, tak se pouze ve 20 % případech vyskytly srážky nižší než 5 mm.

I z hlediska diskriminace byla 48 hodinová předpověď prakticky totožná, pokud byly naměřeny nízké srážkové úhrny, tak byly také v naprosté většině případů očekávány, jakmile se vyskytly srážky nad 15 mm, tak pouze v 10 % případů předpovědní model očekával srážky pouze do 5 mm.

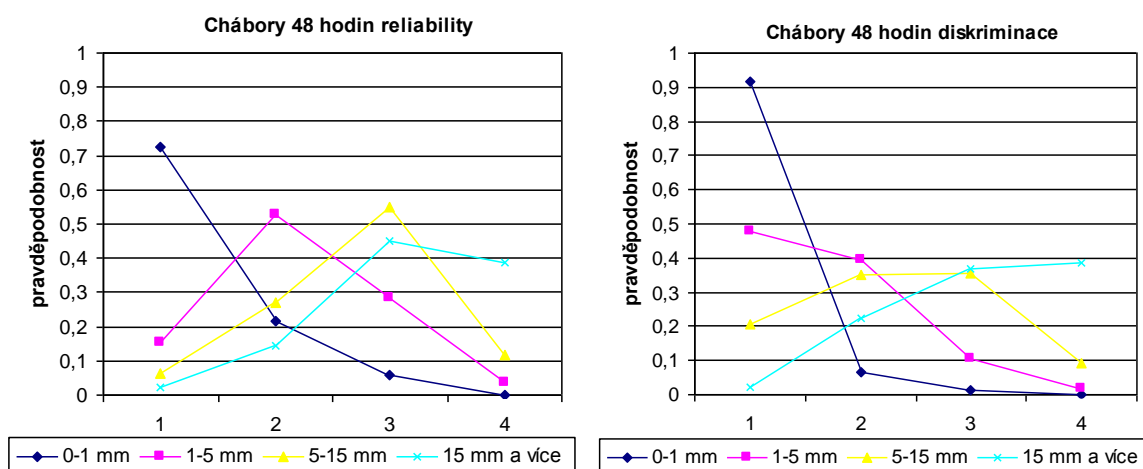


Obr.6.1.6.5 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Dědiny.

Pokud předpověď modelu udávala do 1 mm, v 75 % případů se tak i stalo a pouze v 5 % bylo naměřeno více než 5 mm, když bylo předpovíáno od 1 do 5mm, tak předpověď vyšla v téměř 60 % případů a pouze výjimečně bylo naměřeno nad 15 mm. Při předpovědi 5-15

mm se ve více než 80 % případů vyskytlo od 1 do 15 mm, jakmile byly předpovídaný srážky nad 15 mm, tak se ve více než 85 % případů vyskytly alespoň srážky větší než 5 mm.

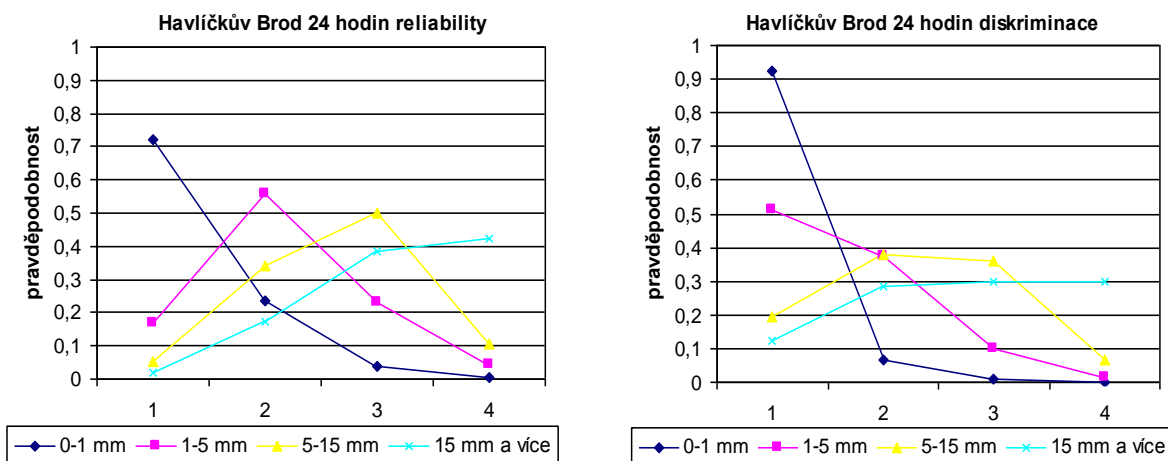
V případě výskytu srážek do 1 mm, byly tyto srážky v téměř 95 % předpovídaný! Pokud se vyskytly srážky od 1 do 5 mm, tak pouze v necelých 15 % případů byly očekávány srážky nad 5 mm, v případě, že se vyskytly srážky od 5 do 15 mm, tak byly předpovídaný v 80 % případů srážky od 1 do 15 mm. Jestliže byly naměřeny vysoké srážkové úhrny nad 15 mm, tak byly opět předpovídaný ve více než 80 % případů srážky alespoň nad 5 mm.



Obr.6.1.6.6 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Dědiny.

Z hlediska hodnověrnosti se 48 hodinová předpověď modelu pro povodí Dědiny příliš neliší od 24 hodinové. Pokud předpověď udávala srážky do 1 mm, tak se pouze v 10 % případů vyskytly vyšší než 5 mm, když byly očekávány srážky do 5 mm, tak se pouze výjimečně vyskytly srážky nad 15 mm. Jakmile model očekával srážky v rozmezí od 5 do 15 mm, tak se pouze v 10 % případů vyskytly srážky do 1 mm nebo naopak nad 15 mm. Při předpovědi srážek nad 15 mm se pouze v 15 % případů vyskytly srážky menší než 5 mm.

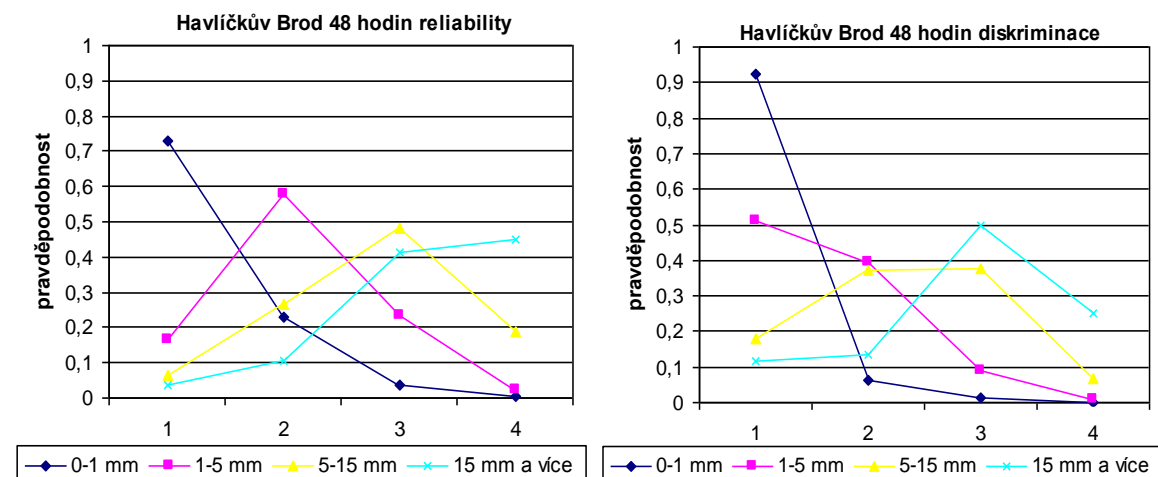
Z pohledu diskriminace je 48 hodinová předpověď naprosto totožná s 24 hodinovou. V případě výskytu úhrnů do 5 mm se pouze v 10 % případů očekávaly srážky vyšší. Při předpovědi srážek 5-15 mm se opět pouze v 10 % očekávalo nad 15 mm a jakmile byly naměřeny srážky nad 15 mm, tak byly pouze ve 2 % případů očekávány srážky do 1 mm.



Obr.6.1.6.7 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Sázavy.

Jestliže model předpovídal pro povodí horní Sázavy srážky do 1 mm, tak se pouze výjimečně vyskytly vyšší než 5 mm. Pokud model předpovídal 1-5 mm, tak bylo v cca 75 % opravdu naměřeno do 5 mm, předpověď 5-15 mm vyšla v téměř 50 % případů, jen necelých 15 % očekávalo srážky do 1 nebo nad 15 mm. Když předpovědní model očekával srážky vyšší než 15 mm, tak pouze v 15 % případů byly naměřeny srážky do 5 mm.

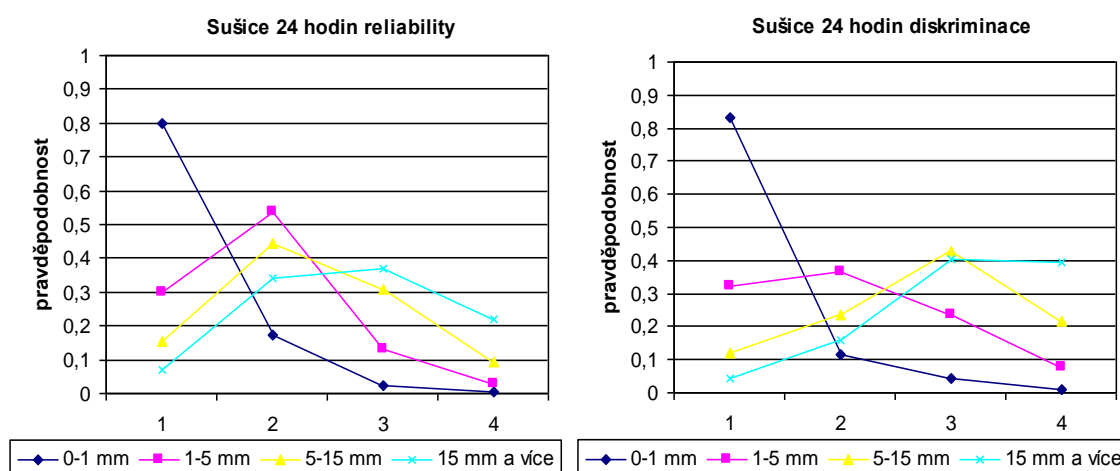
Pokud se vyskytly srážky pouze do 1mm, tak byly z více jak 90 % také očekávány, výskyt srážek do 5 mm byl očekáván taktéž v cca 90 % případů. Srážky 5-15 mm byly předpovídaný v necelých 40 % případů (stejně jako úhrn 1-5 mm), pokud byly naměřeny srážky vyšší než 15 mm, tak předpověď modelu nebyla příliš úspěšná, protože ve 30 % případů bylo očekáváno jak 1-5 mm, tak 5-15 mm, nebo také srážky nad 15 mm.



Obr.6.1.6.8 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Sázavy.

Z pohledu hodnověrnosti je 48 hodinová předpověď modelu naprosto totožná s 24 hodinovou, velmi dobře jsou předpovězeny jak malé srážkové úhrny do 5 mm, tak také významnější srážky nad 5 mm.

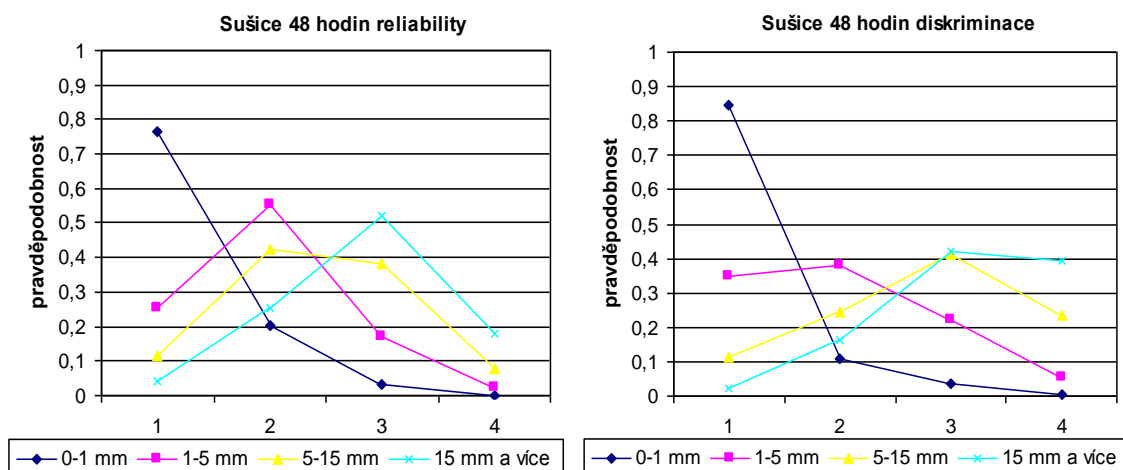
To z hlediska diskriminace je 48 hodinová předpověď modelu úspěšnější než 24 hodinová, především co se týče vysokých srážkových úhrnů. Jakmile se vyskytly srážky do 5 mm, tak byly stejně jako u 24 hodinové předpovědi očekávány z více než 90 % případů, ale rozdíl nastal při výskytu srážek nad 15 mm, protože tentokrát model pouze ve 20 % případů čekal srážky nižší než 5 mm.



Obr.6.1.6.9 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Otavy.

Při předpovědi srážkových úhrnů do 1mm se srážky nad 5 mm vyskytly v povodí Otavy pouze v 3 % případů, pokud model předpovídal 1-5 mm, tak pouze v 15 % bylo naměřeno více než 5 mm, když model předpověděl 5-15 mm, tak bylo jen v cca 10 % případů naměřeno do 1 nebo nad 15 mm. Předpověď vysokých srážkových úhrnů není v tomto povodí z již známých důvodů příliš dobře předpovídána.

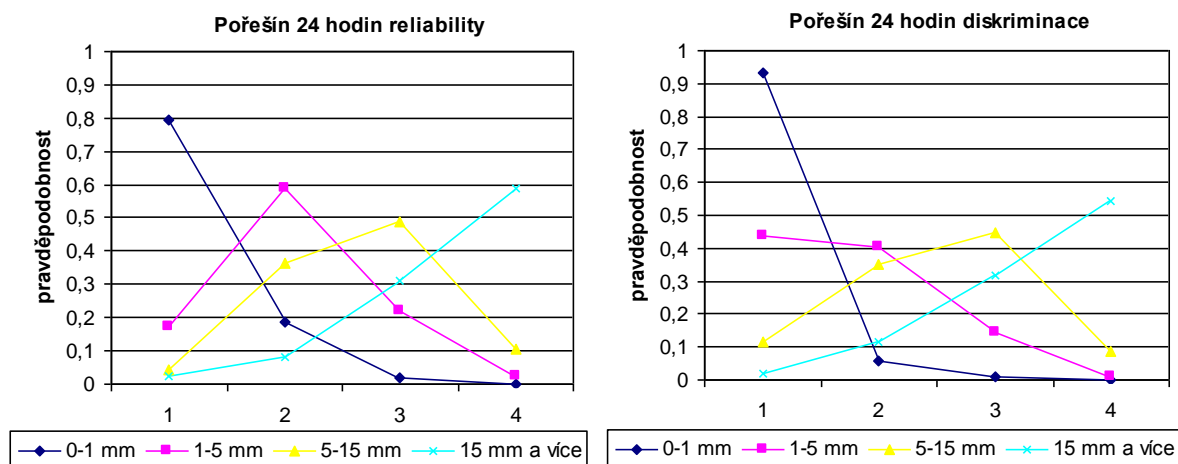
Pokud se vyskytly srážky do 1mm, tak byly z více jak 82 % také očekávány, výskyt srážek do 5 mm byl očekáván v cca 70 % případů, srážky 5-15 mm byly předpovídaný ve 40 % případů (zbylé intervaly max. ve 20 % případů). Jakmile byly naměřeny srážky vyšší než 15 mm, tak byly pouze ve 20 % případů očekávány srážky do 5 mm.



Obr.6.1.6.10 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Otavy.

48 hodinová předpověď se z hlediska hodnověrnosti příliš neliší, snad jen srážkové úhrny nad 15 mm jsou předpovídaný ještě o něco hůře než u 24 hodinové předpovědi. Srážky do 15 mm jsou však předpovězeny poměrně dobře.

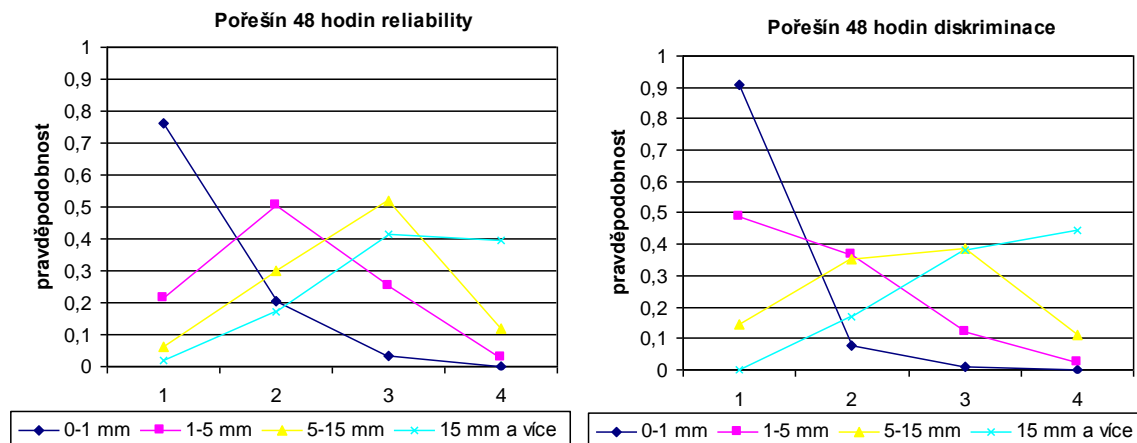
Z pohledu diskriminace je předpověď modelu totožná s 24 hodinovou předpovědí, tudíž nízké srážkové úhrny jsou detekovány velmi dobře, zatímco úhrny od 1 do 15 mm nejsou předpovídaný zrovna ideálně. Jakmile se vyskytly srážky nad 15 mm, tak bylo ve 20 % případů očekáváno do 5 mm srážek.



Obr.6.1.6.11 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Malše.

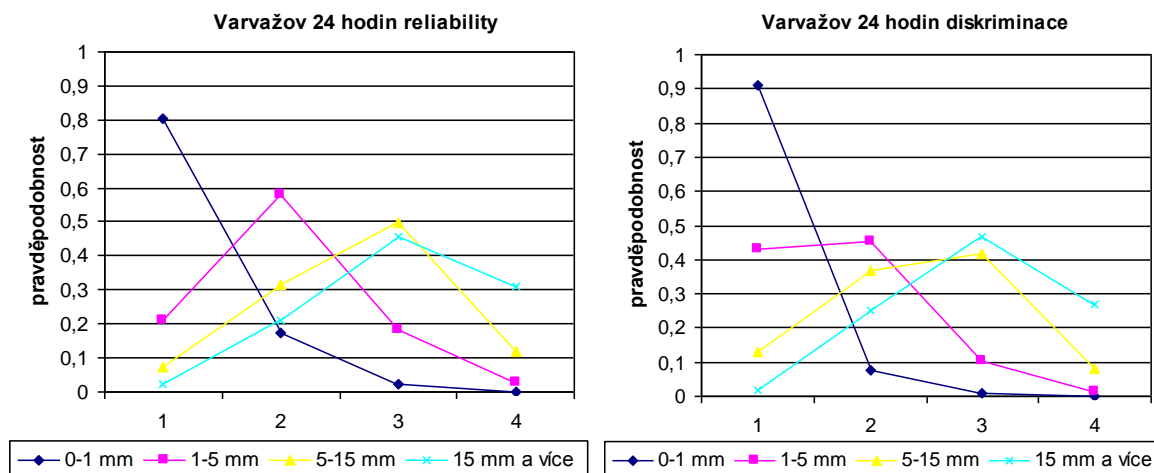
Pokud předpověď pro povodí horní Malše udávala srážky do 1 mm, tak se vyskytly v cca 80 %, zatímco srážky nad 5 mm jen výjimečně. Když předpověď udávala 1-5 mm, tak se tyto srážky vyskytly v téměř 60 % případů, při předpovědi 5-15 mm se tyto srážky vyskytly v 50 % případů a ve 40 % bylo naměřeno do 5 mm. Jakmile předpověď očekávala srážky nad 15 mm, vyskytly se v 60 % všech případů! Pouze v 10 % případů bylo naměřeno do 5 mm.

Při výskytu srážek do 1 mm byly ve více než 93 % předpovídaný! Pokud se vyskytly srážky od 1 do 5 mm, bylo předpovídané v 85 % případů do 5 mm srážek, jakmile nastaly srážky 5-15 mm, tak bylo v 80 % případů očekáváno do 15 mm. Vysoké srážkové úhrny byly předpovídaný v téměř 55 %, zatímco pouze 10 % předpovědi očekávalo srážky do 5 mm.



Obr.6.1.6.12 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Malše.

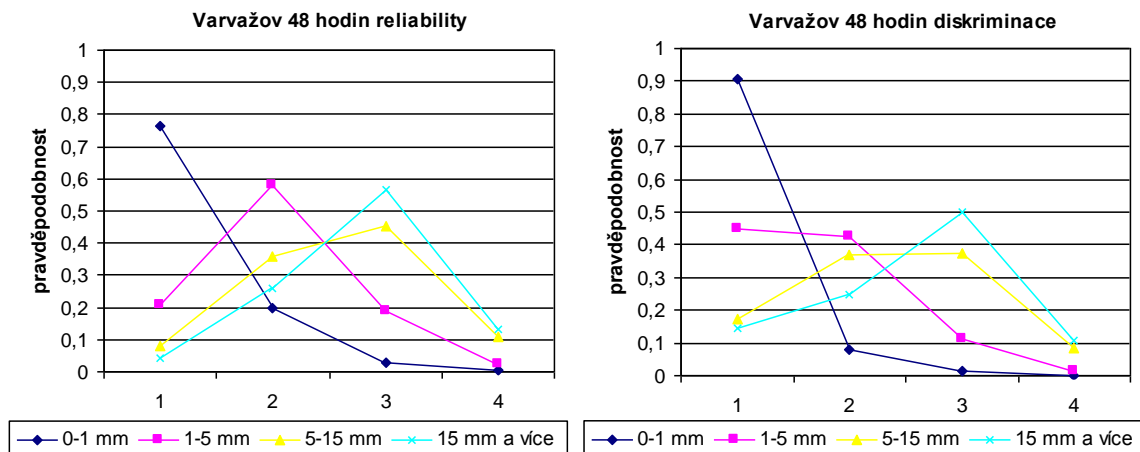
Také 48 hodinová předpověď potvrdila, že pro povodí Malše jsou jak nízké srážkové úhrny, tak vysoké srážky předpovídaný velmi dobře. Z pohledu hodnověrnosti i diskriminace došlo pouze k nepatrnému zhoršení předpovědi srážek nad 15 mm.



Obr.6.1.6.13 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Skalice.

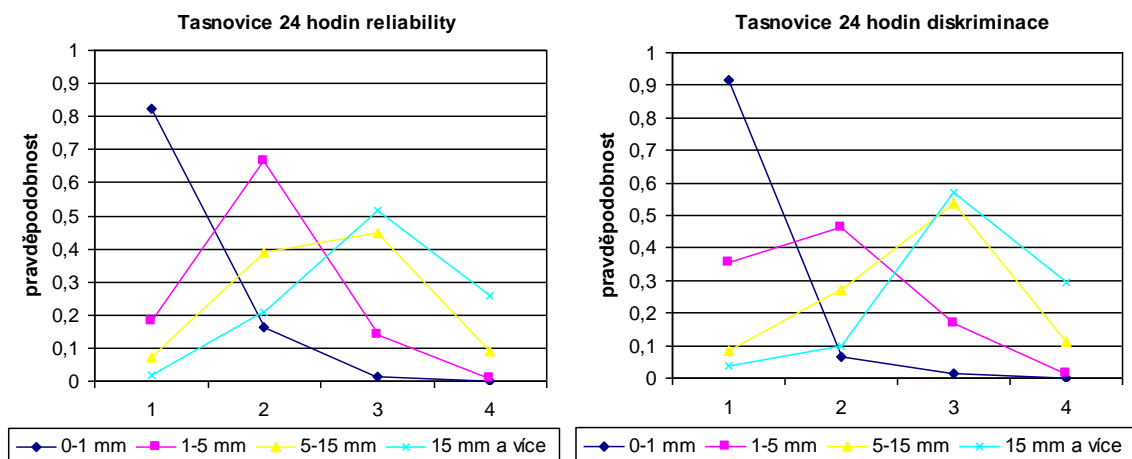
Pokud předpověď pro povodí Skalice udávala srážky do 1 mm, tak se vyskytly v cca 80 % případů, jakmile předpověď udávala do 5 mm, tak se tyto srážky vyskytly v téměř 80 % případů, při předpovědi 5-15 mm se tyto srážky vyskytly v 50 % případů a v dalších 30 % bylo naměřeno 1-5 mm. Jestliže předpověď očekávala srážky nad 15 mm, vyskytly se v 75 % alespoň srážky nad 5 mm.

V případě výskytu srážek do 1 mm, byly tyto srážky v cca 90 % předpovíány! Naměřené srážky do 5 mm byly předpovíány z 90 %, jestliže bylo naměřeno 5-15 mm, bylo to očekáváno v 40 % případů, dalších 38 % udávalo 1-5 mm. Pokud se vyskytly vysoké srážkové úhrny nad 15 mm, tak bylo v 75 % případů předpovíáno nad 5 mm srážek.



Obr.6.1.6.14 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Skalice.

48 hodinová předpověď modelu se z hlediska reliability i diskriminace shoduje s 24 hodinovou v předpovědi nízkých srážkových úhrnů, ale došlo k výraznému zhoršení předpovědi vysokých srážek, a to jak z hlediska hodnověrnosti předpovědi, tak diskriminace. Pokud předpověď udávala srážky nad 15 mm, tak se vyskytly pouze ve 13 % případů. Naopak jakmile se vyskytly srážky nad 15 mm, tak byly očekávány pouze v 10 % případů a srážky nad 5 mm byly předpovíány v 60 % oproti 75 % u 24 hodinové předpovědi.



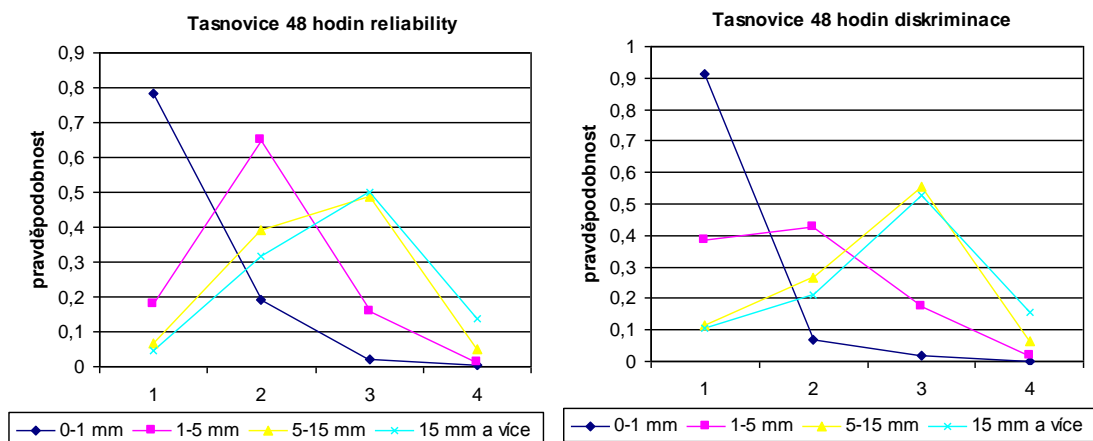
Obr.6.1.6.15 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Radbuzy.

Jestliže předpověď udávala srážky do 1 mm, v 82 % případů se tak také stalo, když bylo předpovíáno do 5 mm, tak předpověď vyšla v téměř 90 % případů a při předpovědi 5-15



mm, se tato srážka vyskytla v 45 % (ve 40 % 1-5 mm). Jakmile bylo předpovíráno více než 15 mm, tak se to potvrdilo jen u 25 % případů, ale v 75 % bylo naměřeno alespoň nad 5 mm.

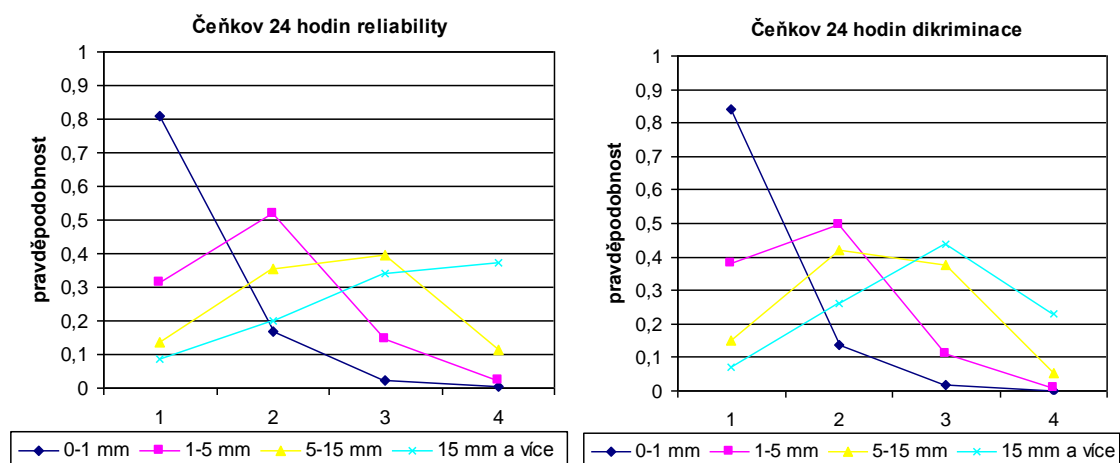
V případě výskytu srážek do 1 mm byly tyto srážky v 91 % předpovírány! Naměřené srážky do 5 mm byly předpovírány ve více než 80 % případů, pokud bylo naměřeno 5-15 mm, očekávalo to přes 50 % případů, cca 25 % předpovírálo 1-5 mm. Když se vyskytly vysoké srážkové úhrny nad 15 mm, tak téměř v 90 % případů bylo očekáváno nad 5 mm.



Obr.6.1.6.16 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Radbuzy.

Z hlediska hodnověrnosti a diskriminace se 48 hodinová předpověď opět příliš neliší od 24 hodinové, pouze srážkové úhrny nad 15 mm jsou předpovírány ještě o něco hůře.

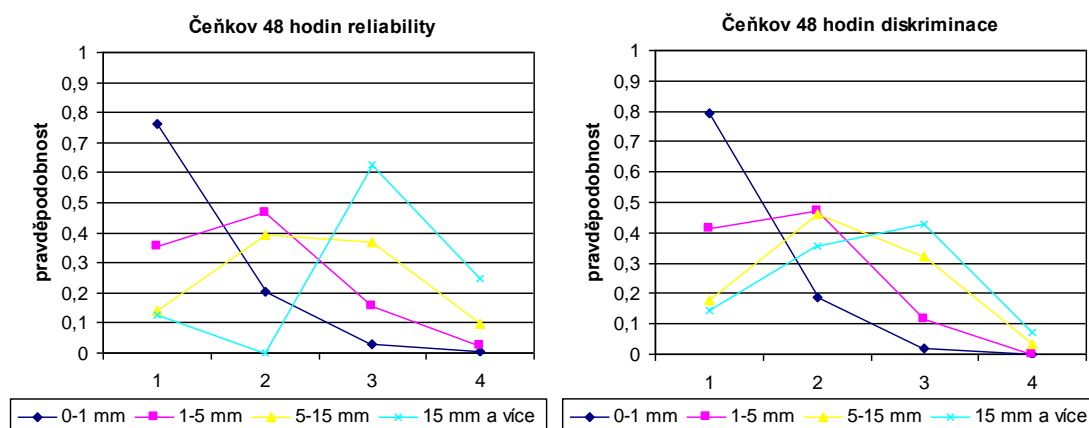
V případě malých srážkových úhrnů je tedy reliabilita i diskriminace velmi dobrá, zvláště z toho pohledu, že nedochází k neočekávaným výskytům vyšších srážkových úhrnů, ale není příliš úspěšná z pohledu předpovědi srážek nad 15 mm.



Obr.6.1.6.17 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Litavky.

Pokud předpověď pro povodí horní Litavky udávala srážky do 1 mm, tak se vyskytly v cca 80 % případů, když předpověď očekávala do 5 mm, tak se tyto srážky vyskytly v 80 % případů. Při předpovědi 5-15 mm se tyto srážky vyskytly v 40 % případů a v téměř 35 % bylo naměřeno alespoň 1-5 mm, jakmile předpověď očekávala srážky nad 15 mm, v 70 % případů se vyskytly srážky nad 5 mm.

Při výskytu srážek do 1 mm byly ve více než 83 % případů předpovídaný, pokud se vyskytly srážky do 5 mm byly předpovídaný v 90 % případů, jakmile nastaly srážky 5-15 mm, tak byly předpovídaný ve 80 % případů srážky od 1 do 15 mm. Vysoké srážkové úhrny byly předpověděny pouze v 23 % případů, ve 42 % případů se očekávalo alespoň 5-15 mm.



Obr.6.1.6.18 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Litavky.

Z hlediska hodnověrnosti se 48 hodinová předpověď na první pohled liší pouze schopností lépe předpovědět srážkové úhrny nad 15 mm. Pokud model předpovídal 15 mm srážek, tak k tomu skutečně došlo pouze v 25 % případů, zato ve více než 60 % bylo naměřeno 5-15 mm, srážky do 5 mm byly předpovídaný velmi dobře.

Z pohledu diskriminace došlo ke změně také pouze u srážek nad 15 mm, které byly při svém výskytu předpověděny v 10 % případů, ale ani srážky v rozmezí 5-15 mm nebyly předpovídaný příliš dobře, protože v 65 % bylo očekáváno, že spadne pouze do 5 mm srážek.

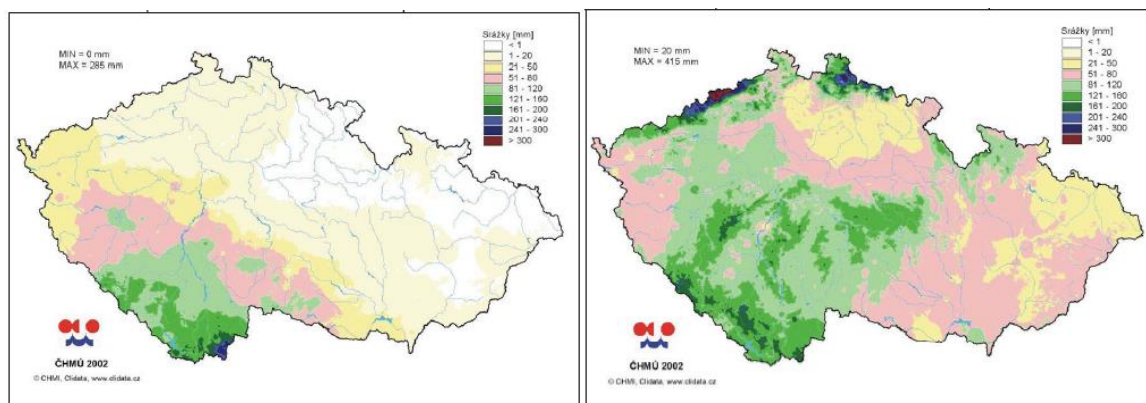
Pokud se ve sledovaných oblastech vyskytlo období se srážkami do 1 mm, tak bylo ve více než 75 % případů modelem rovněž předpovídaný. Jakmile se ve vybraných povodích vyskytly srážky do 5 mm, tak byly také ve více než 75 % případů modelem očekávány, pouze 48 hodinová předpověď pro povodí Malše a Dědiny očekávala ve více než 30 % srážky vyšší. Při výskytu srážek od 5 do 15 mm předpovědní model jen velmi sporadicky očekával srážky do 1 mm nebo naopak vyšší srážkové úhrny nad 15 mm. V případě, že se ve vyskytly srážkové úhrny vyšší než 15 mm, tak předpovědní model jen výjimečně předpovídal srážky do 1 mm a zhruba pouze ve 30 % případů očekával srážky do 5 mm.

Naopak pokud předpovědní model očekával srážky pouze do 1 mm, tak se takto nízké srážky vyskytly ve více než 80 % všech případů. Při předpovědi srážek do 5 mm se pouze v 10-20 % případů vyskytly srážky vyšší, výjimkou byly pouze horské povodí Otavy a Úpy, kde se vyšší srážkové úhrny, než byla předpověď, vyskytly častěji. Jakmile model ALADIN předpovídal srážky od 5 do 15 mm, tak se pouze výjimečně vyskytly vyšší srážky než 15 mm, a to opět s výjimkou horských povodí Otavy, Úpy a Jizery, kde se vyšší srážky vyskytly ve 20-25 % případů. Když model předpovídal srážky vyšší než 15 mm, tak se v horských povodích pouze ve 20 % vyskytly srážky nižší než 5 mm. Méně úspěšná byla předpověď pro povodí Skalice, Litavky a Sázavy. V povodí horní Sázavy se při této předpovědi vyskytovaly zhruba se stejnou pravděpodobností srážky všech vymezených kategorií. V povodí Skalice a Litavky se vysoké srážky nevyskytly téměř nikdy, pokud je 48 hodinová předpověď modelu ALADIN očekávala.

Výše uvedené grafy tedy dokazují, že z pohledu hodnověrnosti (reliability) i diskriminace lze předpovědi modelu ALADIN pro vybraná povodí označit jako dostatečně úspěšné s výjimkou ne příliš přesné detekce vysokých srážkových úhrnů v již zmiňovaných povodích.

## 6.2 Vyhodnocení významných srážkových událostí ve vybraných oblastech

První srážkově významná situace (rozdělená do dvou událostí), která zasáhla všechna sledovaná povodí, se vyskytla v první polovině srpna 2002. Sledovaná území na severu a severovýchodě povodí Labe výrazněji zasáhla až druhá srážková vlna. První srážková epizoda od 6.8. do 8.8.2002 byla předpovědním modelem výrazně podhodnocena. 24 hodinová předpověď modelu ALADIN očekávala ve všech zasažených oblastech pouze 20-30 % celkového objemu třídních srážek. Pouze v povodí horní Radbuzy model předpověděl 75 % objemu, ale tam také spadlo výrazně méně srážek než na ostatních zasažených povodích.

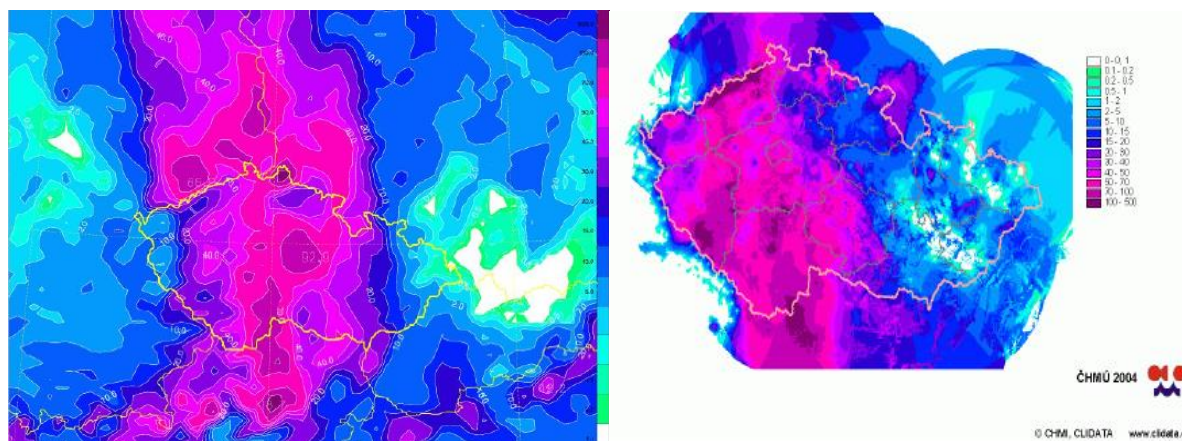


Obr.6.2.1 – První a druhá srážková epizoda v srpnu roku 2002 (ČHMÚ, 2003).

Druhá srážková epizoda od 11.8 do 13.8. 2002, která již zasáhla všechna sledovaná povodí, byla modelem ALADIN předpověděna následovně:

K největšímu podhodnocení srážek došlo pro povodí horní Úpy, kde model očekával pouze 60 % objemu tří denních srážek. Mírně podhodnoceny byly také 24 hodinové předpovědi srážek pro povodí horní Otavy, Jizery a Sázavy, které očekávaly 80 % celkového objemu skutečně naměřených srážek. Velmi dobře model předpověděl objem srážek v povodí horní Radbuzy, Malše a Dědiny (velmi mírné nadhodnocení). K výraznému nadhodnocení předpovědi srážek došlo u povodí Skalice a horní Litavky.

K těmto rozdílům mohlo dojít z toho důvodu, že model ALADIN sice předpověděl, že pásmo srážek bude koncentrované do pásu táhnoucího se přes Čechy od severu k jihu, ale jeho poloha byla ve skutečnosti o něco více na západ (viz obr.6.2.2)



Obr.6.2.2 - 24 hodinová předpověď modelu ALADIN pro období 12.8.02 06:00 - 13.8.02 06:00 a odpovídající pole srážek rekonstruované z měření pozemních srážkoměrů (Daňhelka, 2005).

Druhá srážkově velmi významná situace, která zasáhla všechny vybraná povodí, se vyskytla od 5.8. do 7.8. 2006. Model ALADIN tuto srážkovou situaci velmi dobře předpověděl pro povodí horní Radbuzy, Litavky a Skalice, především co se týče 24 hodinové předpovědi. Ve zmiňovaných povodích bylo předpověděno 100-120 % celkového naměřeného objemu srážek, ale vyšší úspěšnost zde byla opět pravděpodobně způsobena především tím, že se zde nevyskytly tak vysoké úhrny srážek jako na ostatních sledovaných povodích (také zde nedochází k tak výraznému orografickému zesílení srážek).

Pro povodí Otavy, Malše, Sázavy a Dědiny, ve kterých se během této tří denní události vyskytlo od 80 do 100 mm srážek, předpovědní model ALADIN (jak jeho 24 hodinová, tak i 48 hodinová předpověď) očekával 60-75 % celkového naměřeného objemu. Nejhuře byl předpověděn celkový srážkový úhrn této události v povodí horní Jizery a horní Úpy, kde se vyskytlo v průměru kolem 180 mm srážek. Předpovědní model očekával v povodí horní

Jizery zhruba poloviční množství srážek a v povodí horní Úpy jen necelou třetinu. Způsobeno to bylo pravděpodobně tím, že model ALADIN nepočítal s tak výrazným orografickým zesílením srážek, k jakému v této oblasti došlo.

Ostatní výraznější srážkové události již nezasáhly v takové míře celé povodí Labe. Velmi dobře byl modelem předpověděn celkový objem srážek, které zasáhly v období od 28. do 30. června 2006 povodí horní Otavy a horní Malše. Naopak výrazně byla modelem podhodnocena srážková situace v období 26. - 28.5. 2006, která zasáhla povodí v JZ polovině povodí Labe. Předpovědní model očekával pouze 60-70 % jejího celkového objemu a v povodí horní Otavy dokonce pouze 30 %.

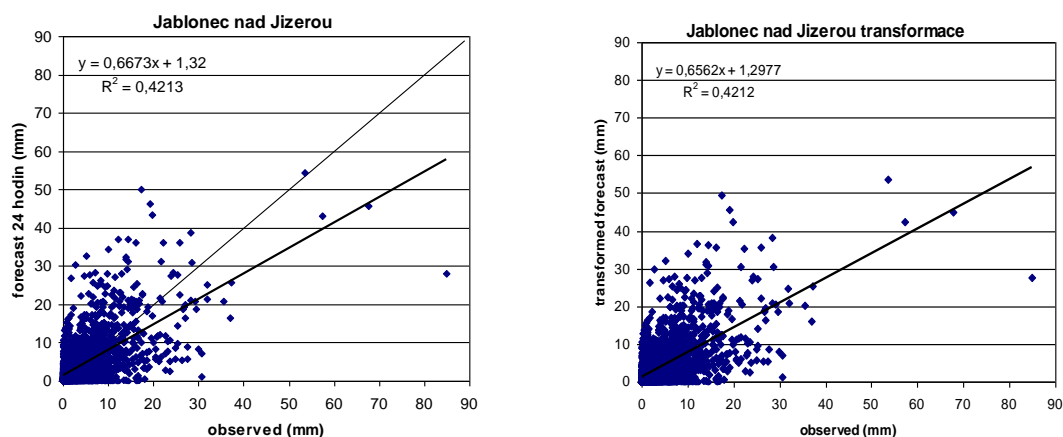
U srážkových extrémů tak většinou došlo k podhodnocení skutečné hodnoty, což je v souladu s tím, co se očekávalo a co bylo potvrzeno dalšími provedenými hodnoceními.

Celkový přehled významných srážkových událostí, které zasáhly vybrané zdrojové oblasti povodí Labe i s vyhodnocenou předpovědí modelu ALADIN pro jednotlivá jednodenní, dvoudenní a třídní maxima je uveden v tabulkách viz příloha 10.3.

### 6.3. Transformace předpovědi srážek pomocí kvantilové metody

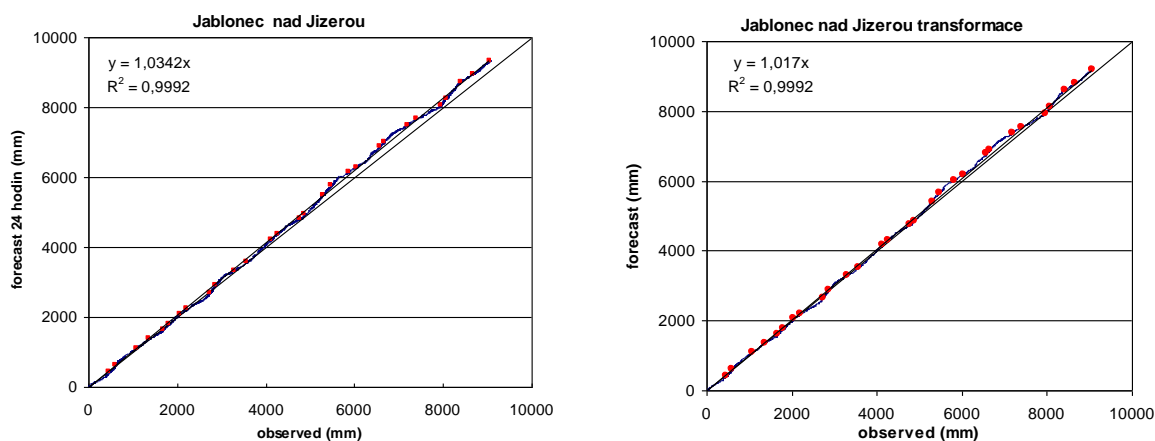
V této kapitole je provedena transformace 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN všemi vybranými metodami pro 9 vybraných zdrojových oblastí v povodí Labe.

#### 6.3.1 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Jizery



Obr.6.3.1.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty před a po transformaci pro povodí Jizery.

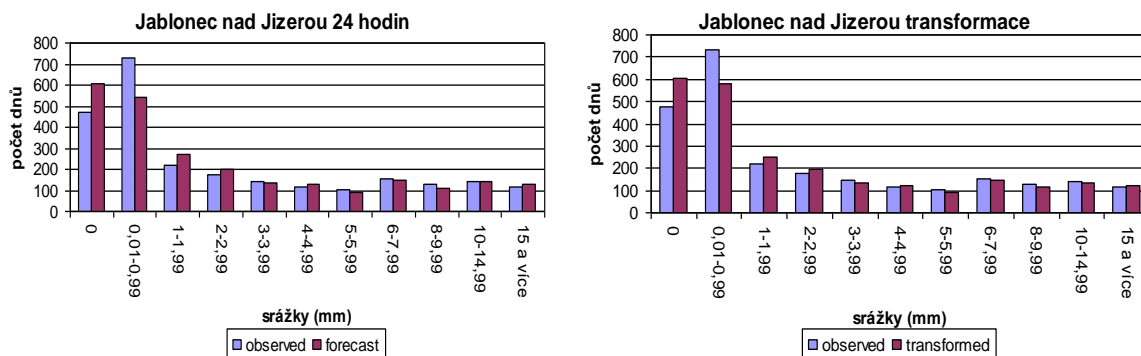
Jednoduchá statistická závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami ve smyslu lineární regrese je však i nadále poměrně nízká.



Obr.6.3.1.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Jizery( před transformací vlevo, po transformaci vpravo).

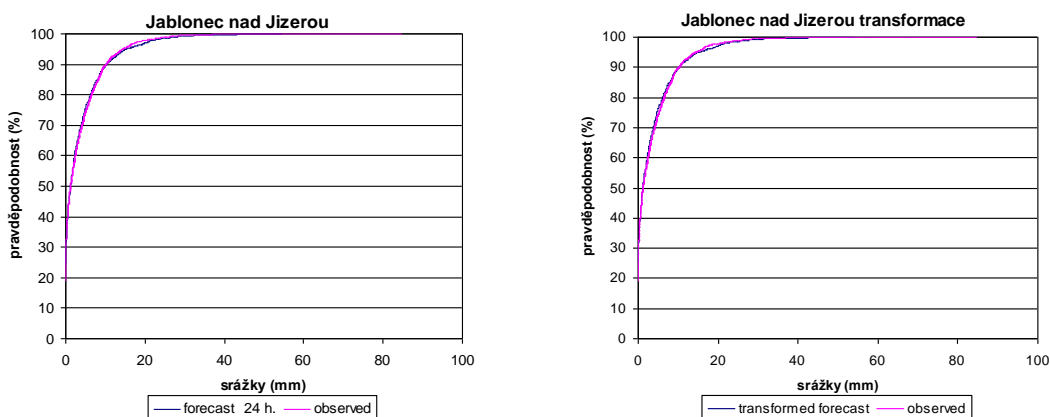
Předpovědní model před transformací nadhodnocoval srážky pouze o 3,5 %, po provedené transformaci se však nadhodnocení srážek ještě snížilo na 1,7 %, ale slabé sezónní výkyvy zůstaly pochopitelně beze změny.





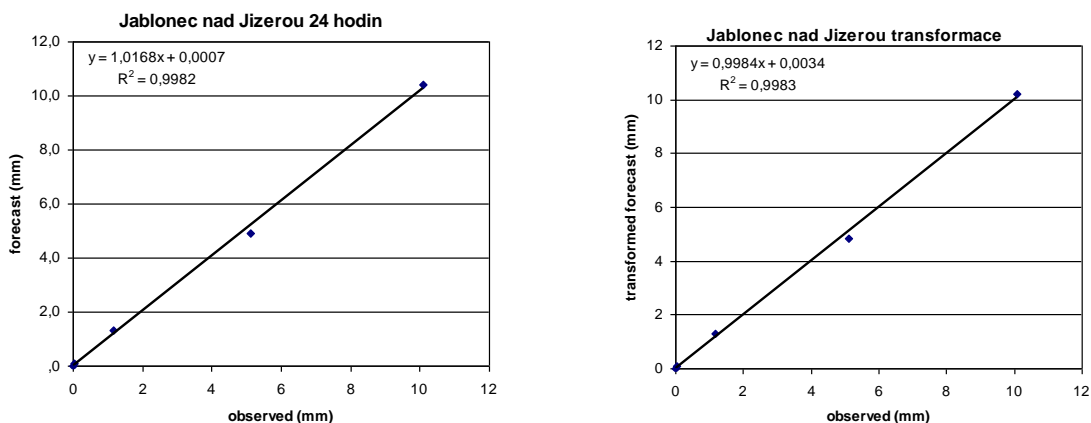
Obr.6.3.1.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Jizery, vlevo před transformací a vpravo po transformaci.

Po transformaci předpovědi jsou méně podhodnocovány srážky do 1 mm, jinak zůstalo rozložení srážek beze změn. Předpověď modelu byla velmi dobrá již před transformací.



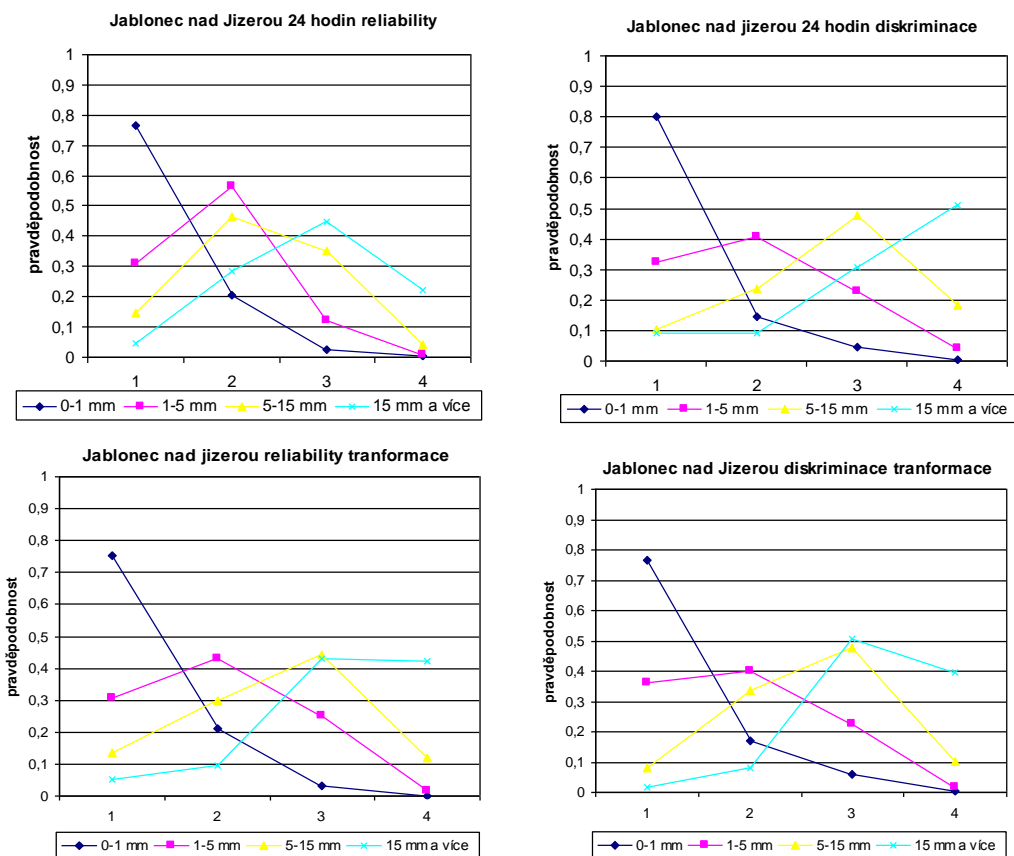
Obr.6.3.1.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Jizery a 24 hodinové transformované předpovědi modelu ALADIN.

Transformace neměla na tuto metodu podstatný vliv, již předtím byla shoda obou křivek poměrně dobrá, protože celkový objem srážek v povodí horní Jizery byl modelem předpovídán velmi dobře. Na podhodnocení vysokých srážkových úhrnů se nic nezměnilo.



Obr.6.3.1.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Jizery před a po transformaci.

Také u této metody nedošlo po transformaci k výraznějším změnám, protože již původní předpověď modelu ALADIN byla pro povodí horní Jizery velmi dobrá.



Obr.6.3.1.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram, porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Jizery před a po transformaci.

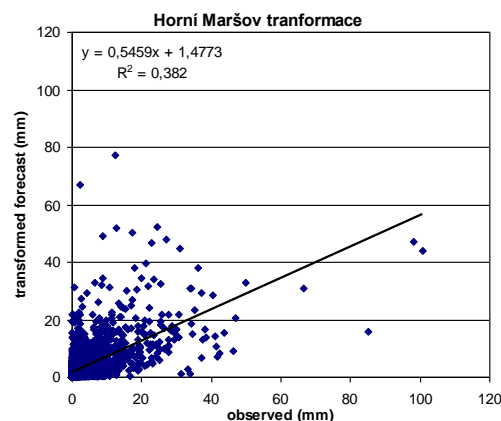
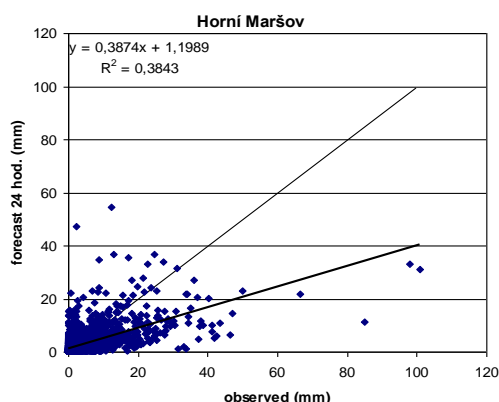
U reliability (hodnověrnosti) se transformace předpovědi projevila především u srážek nad 1 mm. Pokud původně předpověď předpokládala srážky od 1 do 5 mm, stalo se tak ve více než 55 % případů, po transformaci to bylo ale pouze 42 %. Naopak u předpovědi srážek od 5 do 15 mm došlo ke znatelnému vylepšení z necelých 35 % až na 42 %. Největší posun nastal u předpovědi srážek nad 15 mm. Před transformací se takovéto srážky vyskytly pouze v 26 % a po transformaci již v téměř 42 % případů a navíc výrazně poklesl počet situací, kdy se při očekávání vysokých srážek vyskytly srážkové úhrny pouze do 5 mm.

Z hlediska diskriminace nedošlo k výrazným změnám, menší nastaly pouze u srážek nad 15 mm. V případě, že se tyto srážky vyskytly, tak byly předpovězeny již jen ze 40 %, ale zato vzrostl počet případů, kdy byly očekávány srážky alespoň nad 5 mm, a to až na 50 %.

Pokud se tedy již před transformací dala předpověď modelu označit jako vyhovující, po její úpravě došlo ještě k dalšímu mírnému vylepšení, především u predikce vyšších srážkových úhrnů.

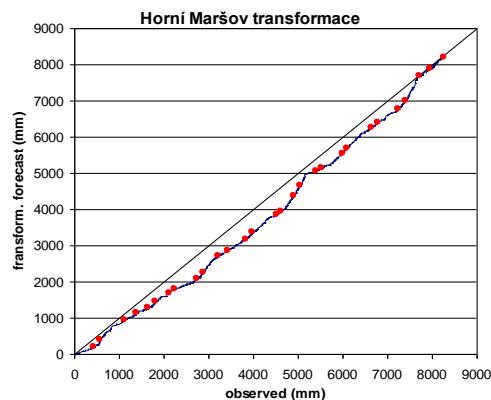
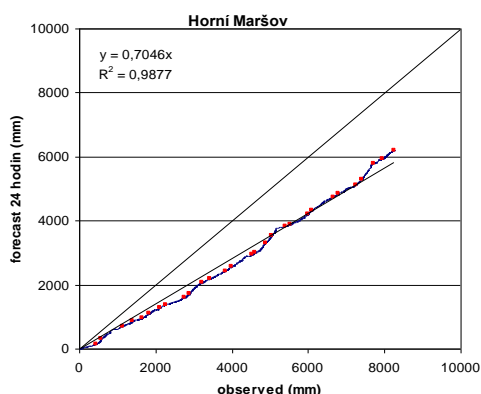


### 6.3.2 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Úpy



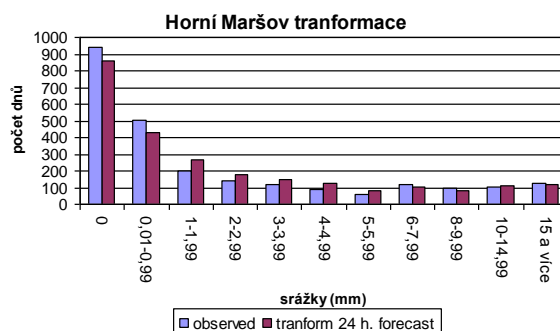
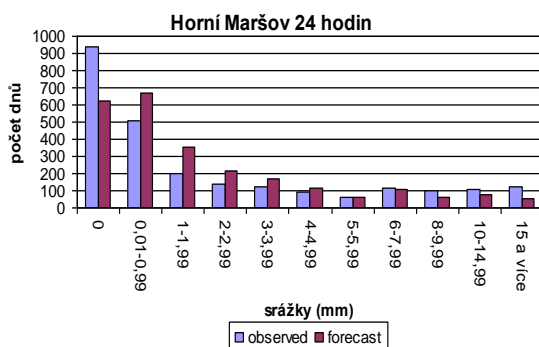
Obr.6.3.2.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty před a po transformaci pro povodí Úpy.

Statistická závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami je i zde poměrně nízká, přesto se po transformaci regresní přímka přiblížila ose kvadrantu.



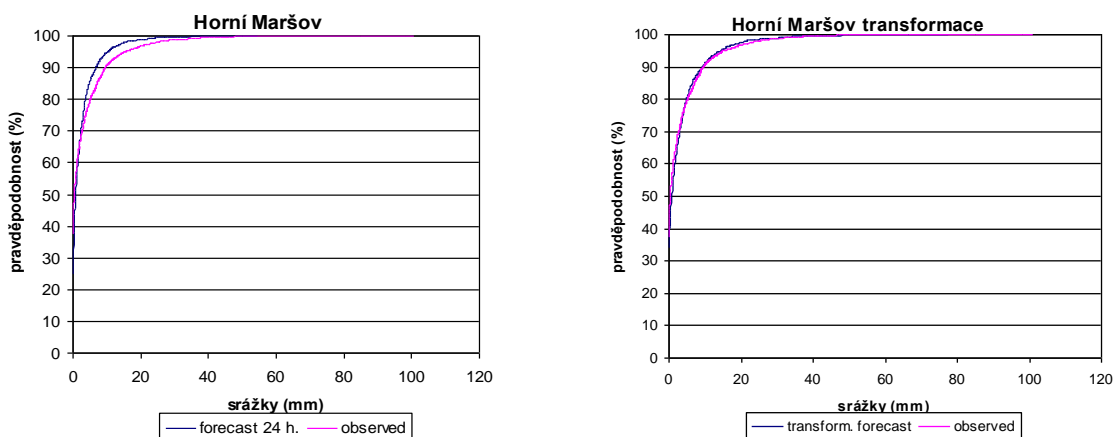
Obr.6.3.2.2 - Podvojná součtová čára předpovědi srážek a skutečně naměřených hodnot pro povodí horní Úpy, před transformací vlevo, po transformaci vpravo.

Po transformaci předpovědi srážek je na první pohled patrné, že zde již nedochází k tak výraznému podhodnocení srážkových úhrnů. Naopak na konci sledovaného období dochází k mírnému nadhodnocování srážek. Před transformací model srážky podhodnocoval až o 30 %.



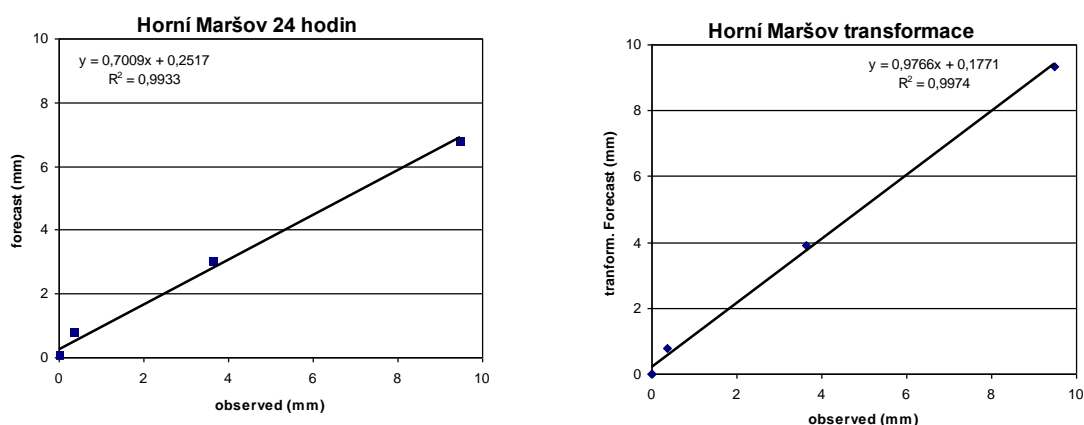
Obr.6.3.2.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Úpy, před transformací vlevo a po transformací vpravo.

Z hlediska frekvence výskytu srážkových úhrnů je jasné, že se transformace předpovědi vydařila. Předpovědní model přestal výrazně nadhodnocovat počet dnů beze srážek, stejně jako již nepodhodnocuje srážkové úhrny do 1 mm. Stále mírně nadhodnocuje srážkové úhrny od 1 do 5 mm, ale již zdaleka ne tak výrazně jako před transformací. K velkému posunu došlo u předpovědi srážek nad 8 mm. Před transformací model ALADIN počet dnů se srážkami nad 8 mm výrazně podhodnocoval a nyní jejich počet dokáže předpovědět poměrně velmi přesně.



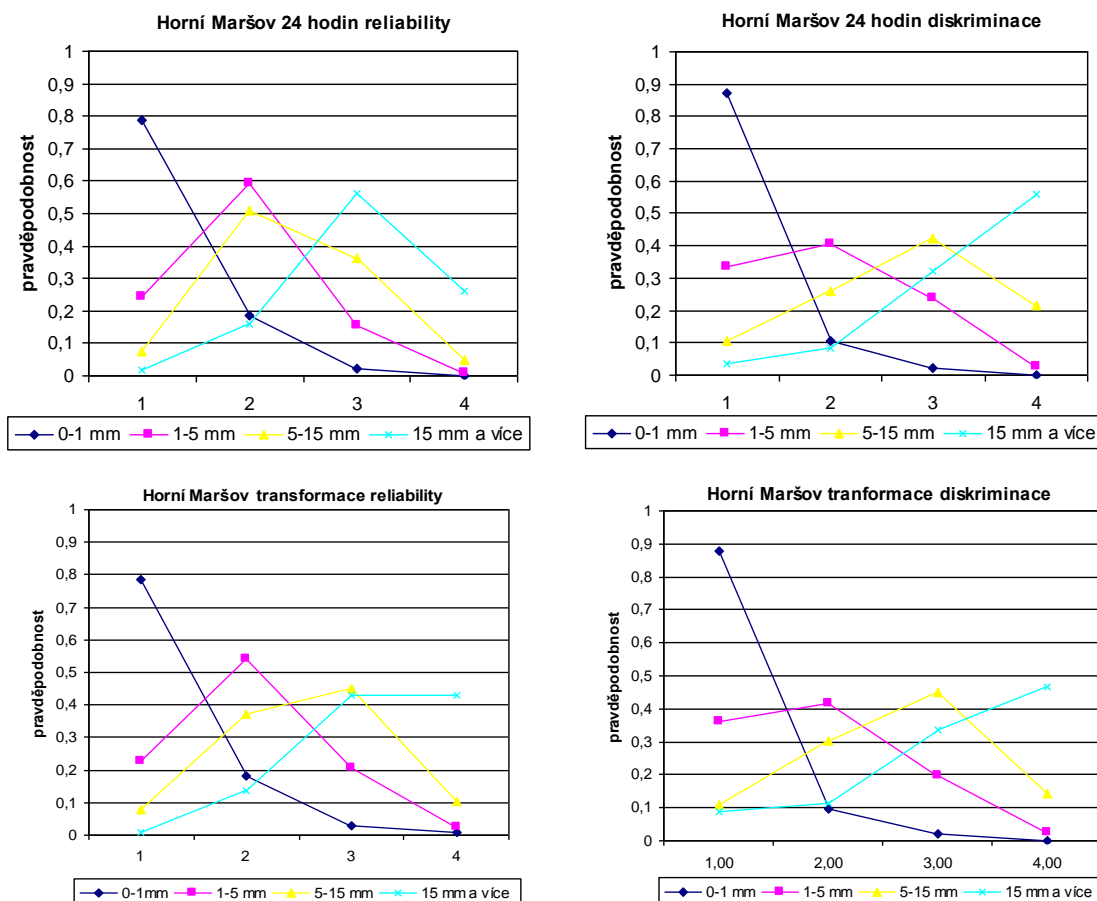
Obr.6.3.2.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Úpy a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, vlevo před a vpravo po transformaci.

Po transformaci předpovědi již model nesprávně předpovídá pouze srážková maxima. Velmi patrná je především shoda obou křivek po transformaci. To je způsobeno tím, že bylo transformací předpovědi odstraněno výrazné podhodnocení v objemu srážek.



Obr.6.3.2.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Úpy před a po transformaci.

Na první pohled je patrné vylepšení předpovědi, body se nachází blíže k regresní přímce a blíže k ose grafu, transformací bylo odstraněno podhodnocení předpovídaných srážek.

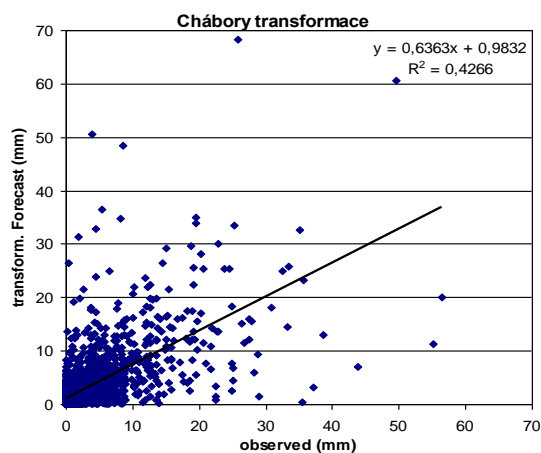
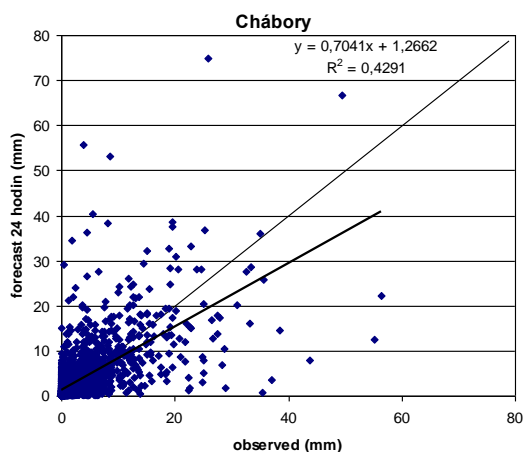


Obr.6.3.2.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram, porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Úpy před a po transformaci.

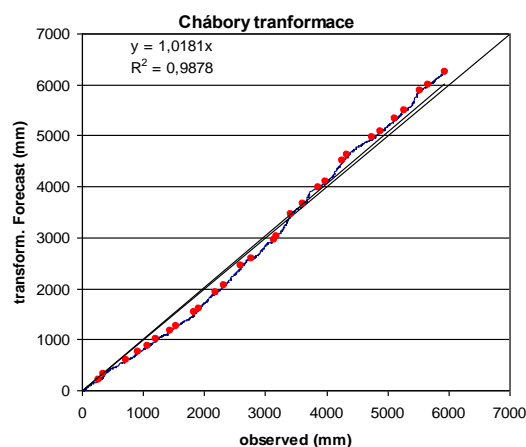
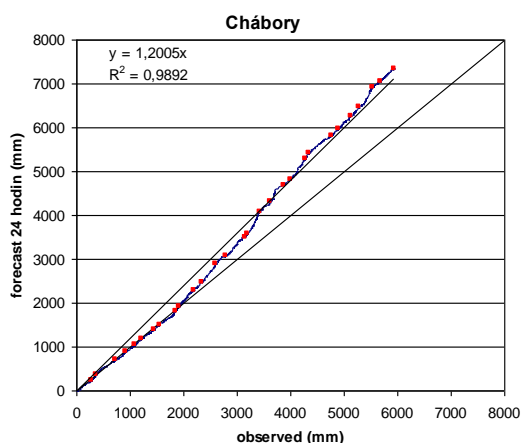
U reliability se transformace předpovědi projevila především u srážek nad 5 mm. Pokud původně předpověď předpokládala srážky od 5 do 15 mm, stalo se tak v necelých 40 % případů, po transformaci to již bylo téměř 45 %, ale největší posun nastal u předpovědi srážek nad 15 mm. Před transformací se takovéto srážky vyskytly pouze v 26 % a po transformaci již ve 42 % případů! Z hlediska diskriminace k žádným zásadním změnám nedošlo. V každém případě jestliže již před transformací se předpověď dala označit jako vyhovující, po její úpravě došlo ještě k dalšímu mírnému vylepšení.

### 6.3.3 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Dědiny

Statistická závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami není příliš vysoká a ani po transformaci nedošlo ke zvýšení závislosti (viz obr.6.3.3.1).

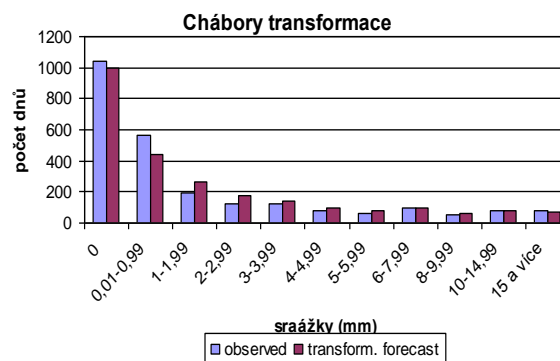
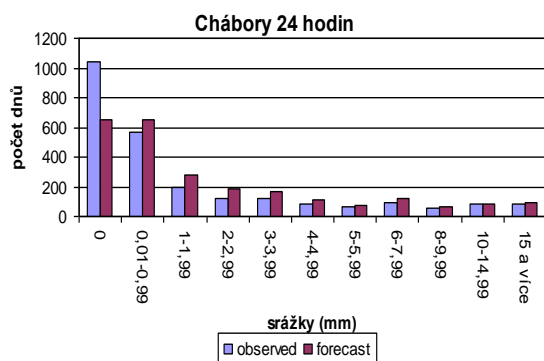


Obr.6.3.3.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí Dědiny před a po transformaci.



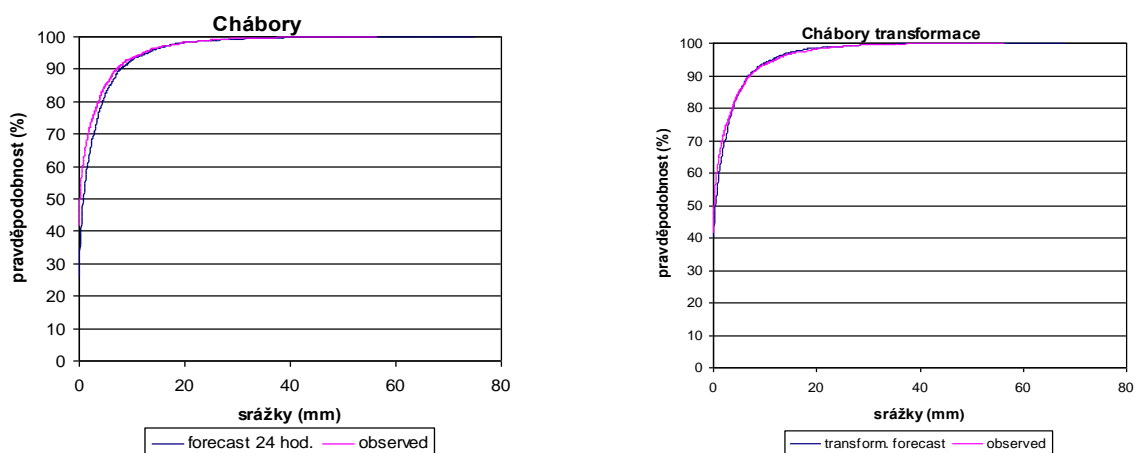
Obr.6.3.3.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Dědiny, před transformací vlevo, po transformaci vpravo.

Před transformací předpovědi byly srážky nadhodnocovány v průměru o 20 %, přičemž k nadhodnocování docházelo až od roku 2005. Po transformaci je nadhodnocení srážek v průměru již jen 2 %, ale na tom, že k němu dochází až od roku 2005 (do této doby model srážky po transformaci mírně podhodnocuje) se nic nezměnilo.



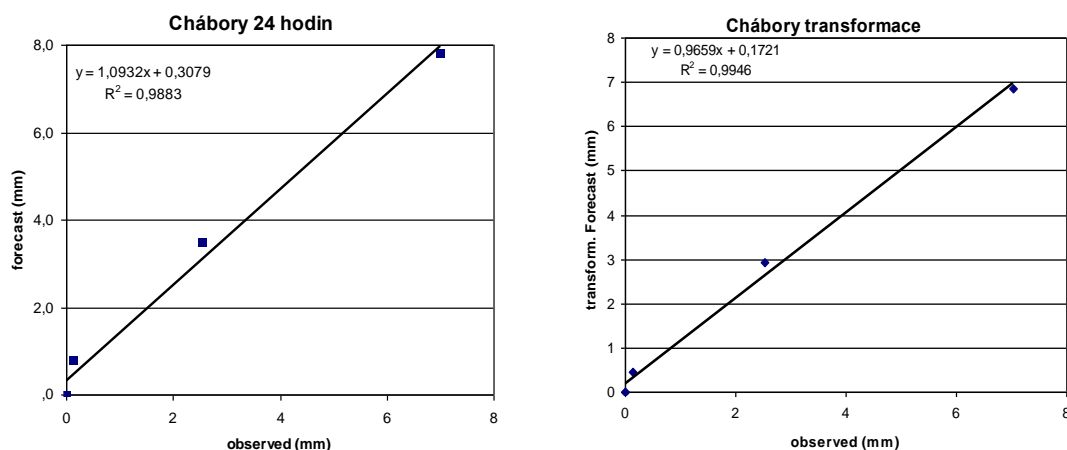
Obr.6.3.3.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Dědiny, před a po transformaci.

Po transformaci předpovědi model mnohem lépe předpovídá počet dnů beze srážek, u kterých již prakticky nedochází k podhodnocení. Ke změně došlo také u srážek do 1 mm, které model před transformací slabě nadhodnocoval a nyní je mírně podhodnocuje. U ostatních srážkových úhrnů k žádným změnám nedošlo, a tak stále dochází k velmi mírnému nadhodnocení srážek od 1 do 5 mm.



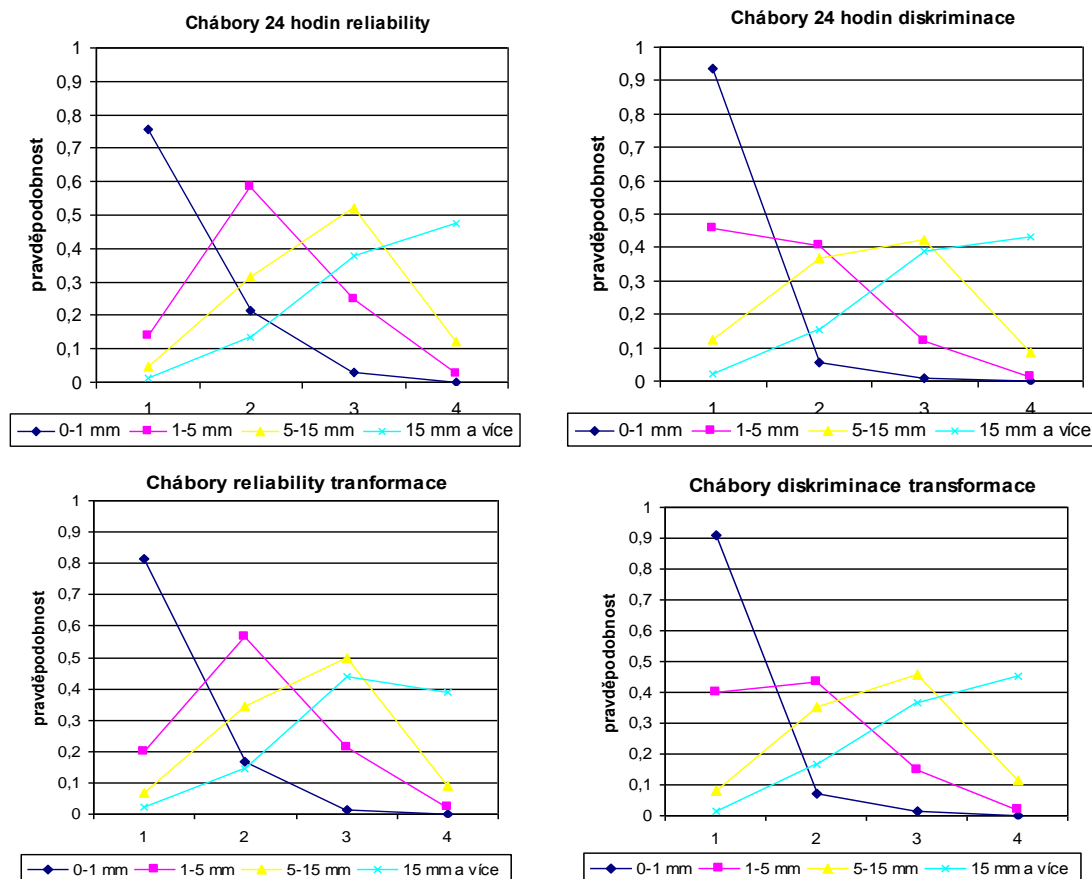
Obr.6.3.3.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Dědiny a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, před a po transformaci.

Po transformaci již nedochází k podhodnocení dnů beze srážek a ani srážková maxima již nejsou tak výrazně nadhodnocována. Stejně tak shoda obou křivek je o dost výraznější, protože bylo téměř odstraněno nadhodnocení objemu srážek.



Obr.6.3.3.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Dědiny, vlevo před a vpravo po transformaci.

Po transformaci předpovědi se předpovídané a pozorované hodnoty více přiblížily k regresní přímce a především se pohybují blízko osy kvadrantu. Je tedy patrné vylepšení předpovědi po transformaci.



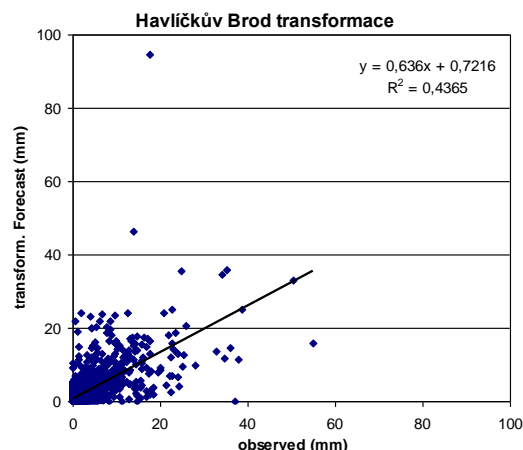
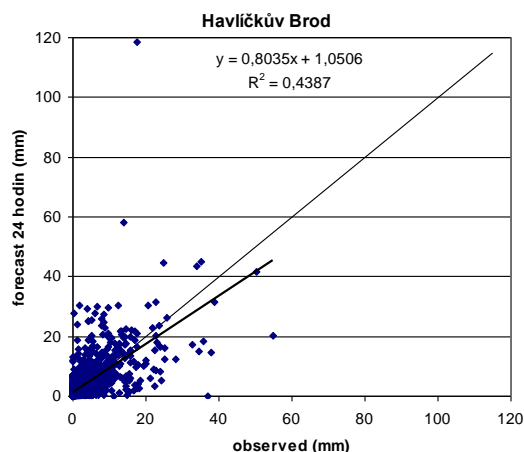
Obr.6.3.3.6 – Diagramy hodnověrnosti předpovědi a diskriminační diagramy porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Dědiny, před a po transformaci.

U hodnověrnosti předpovědi srážek se transformace projevila především u srážek nad 15 mm. Před transformací se takovéto srážky vyskytly v 48 % a 5-15 mm bylo naměřeno v dalších 40 % případů. Po transformaci sice již pouze ve 40 %, ale oproti tomu se zvýšil počet případů, kdy bylo naměřeno alespoň 5-15 mm. Z hlediska diskriminace nedošlo k praktickým změnám.

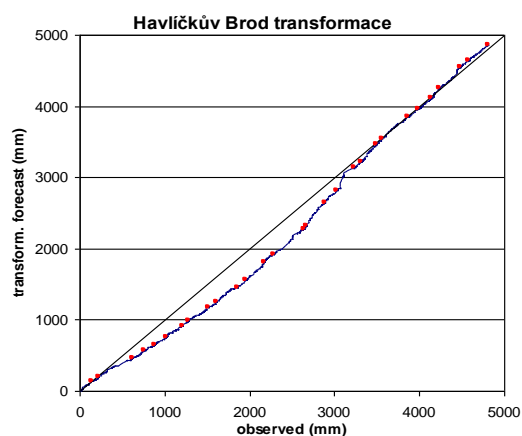
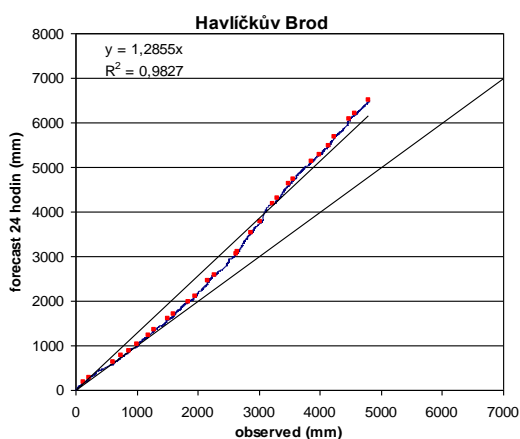
Celkově se dá tedy říci, že transformace předpovědi srážek nezměnila nic na tom, že z pohledu hodnověrnosti i diskriminace se dá předpověď označit jako velmi úspěšná.

#### 6.3.4. Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Sázavy

Závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami ve smyslu lineární regrese není však ani po transformaci příliš vysoká (viz obr.6.3.4.1).

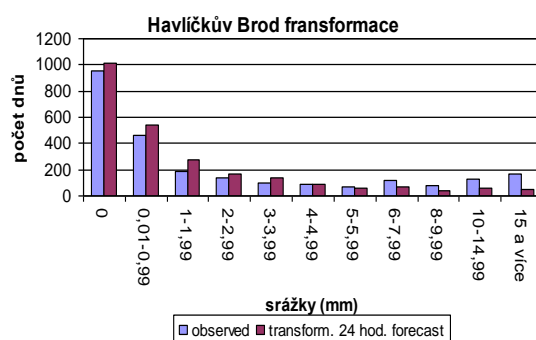
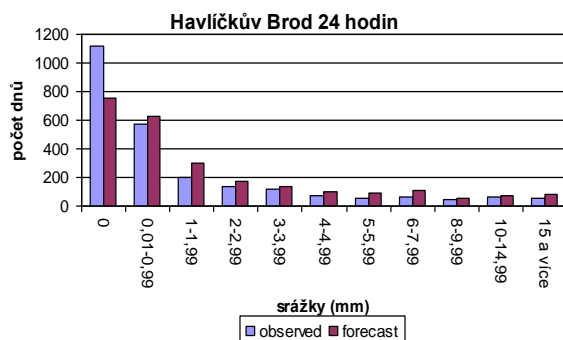


Obr.6.3.4.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí Sázavy před a po transformaci.



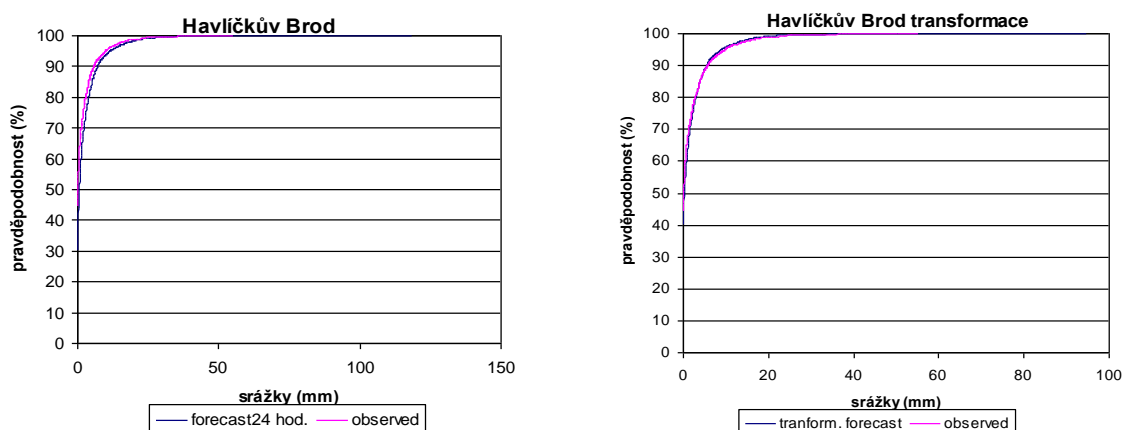
Obr.6.3.4.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí horní Sázavy, vlevo před transformací a vpravo po transformaci.

Před transformací předpovědní model nadhodnocoval srážky v průměru o 29 % s tím, že k výraznějšímu nadhodnocení opět docházelo od roku 2005. Po transformaci již k celkovém nadhodnocení srážek nedochází, ale naopak do roku 2005 dochází k mírnému podhodnocení a v letech 2005-2007 k mírnému nadhodnocení. V posledních dvou až třech letech je však předpověď množství srážek po transformaci téměř ideální.



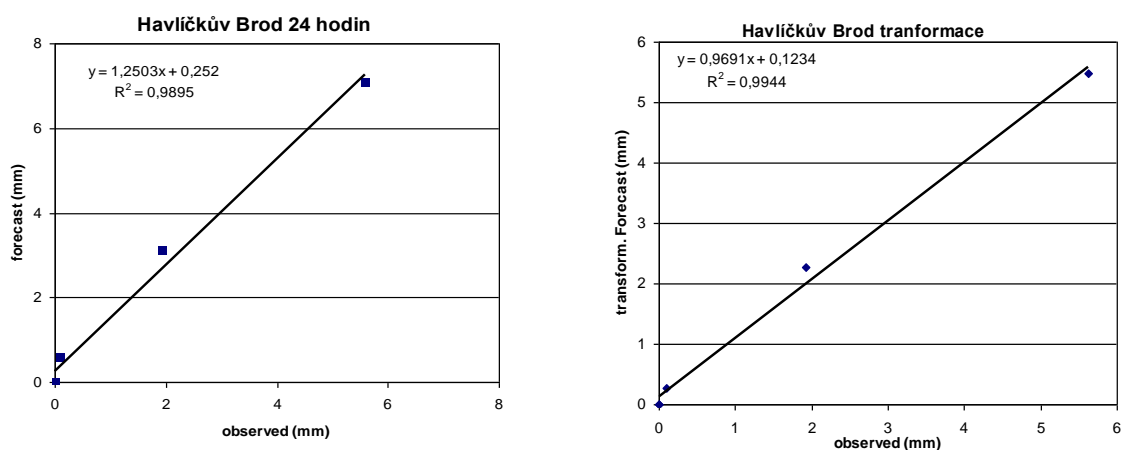
Obr.6.3.4.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Sázavy, vlevo před a vpravo po transformaci.

Transformace předpovědi srážek se výrazně projevila u predikce dnů beze srážek. Původně model ALADIN jejich výskyt výrazně podhodnocoval a nyní dochází k velmi mírnému nadhodnocení počtu dnů beze srážek. Ke změnám došlo také u srážek nad 5 mm, které původně model slabě nadhodnocoval a po transformaci dochází k jejich mírnému až značnému (především u srážek nad 15 mm) podhodnocení.



Obr.6.3.4.4 - Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Sázavy a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, před a po transformaci.

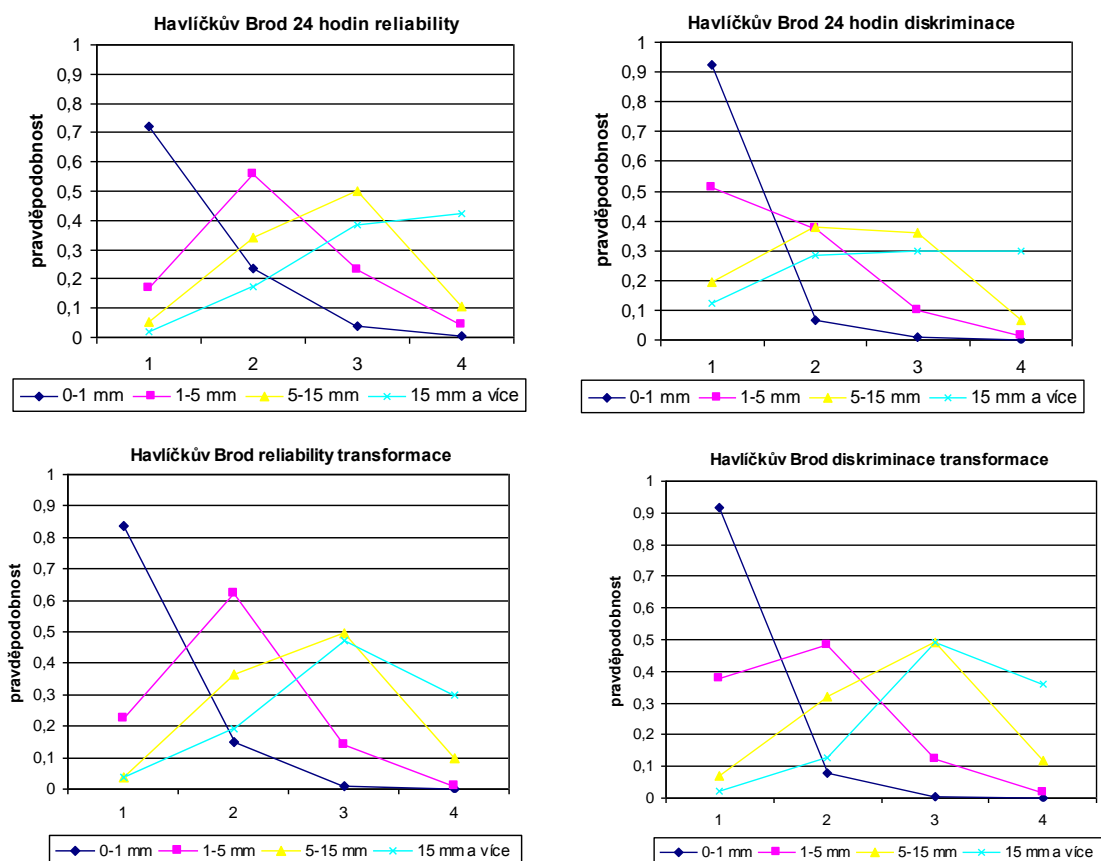
I tato metoda potvrzuje, že po transformaci již předpovědní model nepodhodnocuje dny beze srážek, ale stále nadhodnocuje srážková maxima, přestože již ne tak výrazně. Po transformaci došlo k významnější shodě obou křivek.



Obr.6.3.4.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Sázavy, před a po transformaci.

Stejně tak u této metody je na první pohled patrné, že transformace předpovědi měla v povodí horní Sázavy pozitivní výsledek, protože bylo odstraněno nadhodnocení srážek.





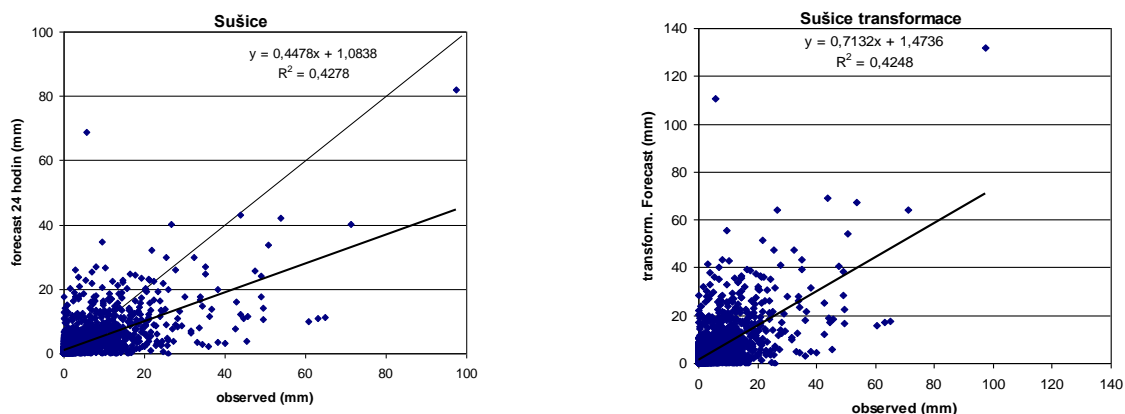
Obr.6.3.4.6 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Sázavy, před a po transformaci.

Z hlediska hodnověrnosti předpovědi se transformace projevila mírným zvýšením počtu případů, kdy byly opravdu naměřeny srážky do 1 mm. Největší posun však nastal u předpovědi srážek nad 15 mm. Před transformací se takovéto srážky vyskytly pouze ve 40 % a v dalších 40 % bylo naměřeno 5-15 mm. Po transformaci již sice pouze v 30 % případů, ale oproti tomu výrazně vzrostl počet situací, kdy se při očekávání vysokých srážek vyskytly srážkové úhrny nad 5 mm (téměř 50 %).

Z pohledu diskriminace došlo po transformaci k výraznějším změnám především u srážek nad 5 mm. V případě, že se vyskytly srážky 5-15 mm, tak byly předpověděny z 50 %, zatímco před transformací to bylo pouze v 35 %, ale k největším změnám došlo u srážek nad 15 mm. Jakmile se vyskytly vysoké srážkové úhrny, tak byly předpovídaný v 37 % a dalších téměř 50 % případů očekávalo srážky alespoň 5-15 mm, zatímco jen v 13 % případů se vyskytly srážky do 5 mm.

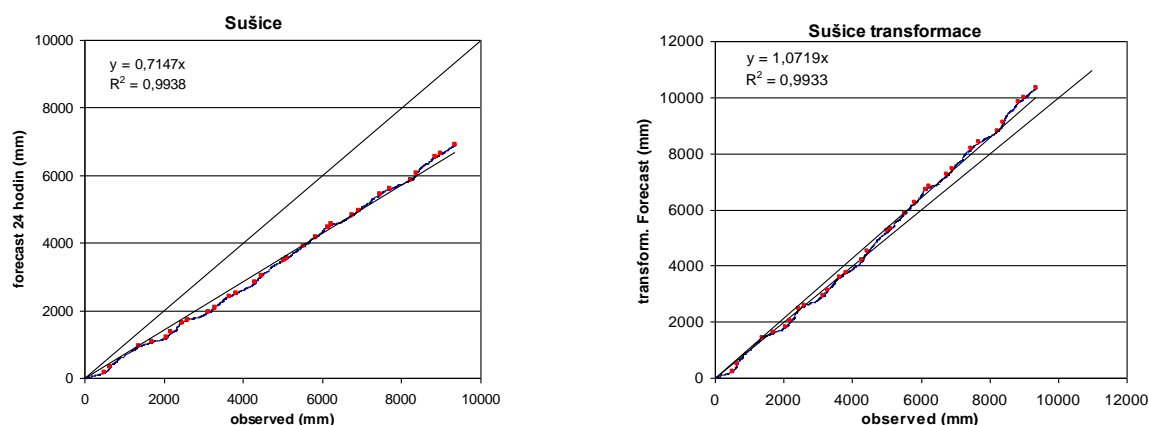
Jestliže před transformací předpověď nebyla příliš schopna rozlišovat vysoké a nízké srážkové úhrny, po transformaci již k výraznému odlišení dochází a předpověď se dá považovat jako velmi úspěšná.

### 6.3.5 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Otavy



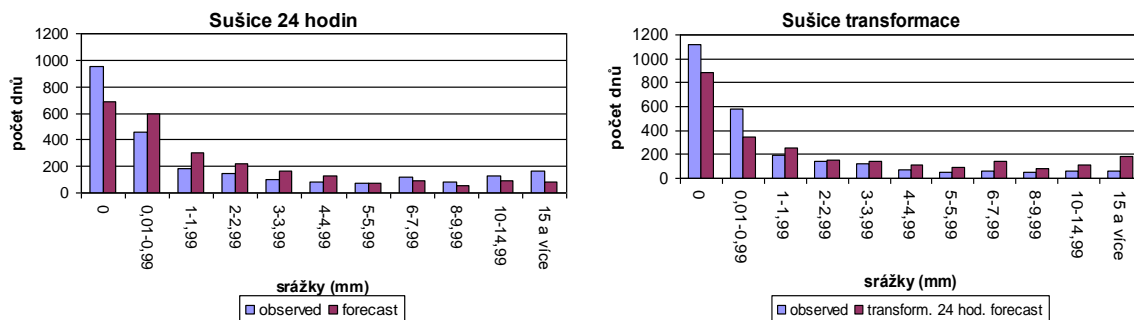
Obr.6.3.5.1- Závislost předpovědi srážek a pozorované hodnoty pro povodí Otavy, před a po transformaci.

Závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami není ani po transformaci nijak vysoká, ale proložená regresní přímka se více blíží ose kvadrantu.



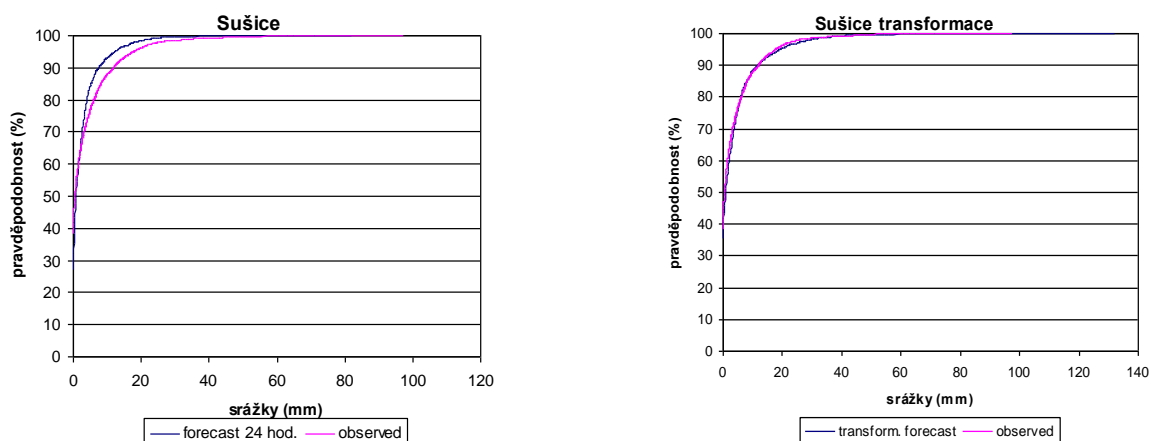
Obr.6.3.5.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Otavy, vlevo před transformací a vpravo po provedené transformaci.

Předpovědní model ALADIN před transformací podhodnocoval srážky o více jak 25 %, zatímco po ní již srážky v průměru o 7 % nadhodnocuje, a to především od roku 2005. Výkyvy v jednotlivých ročních obdobích se ovšem transformace dle očekávání nedotkla.



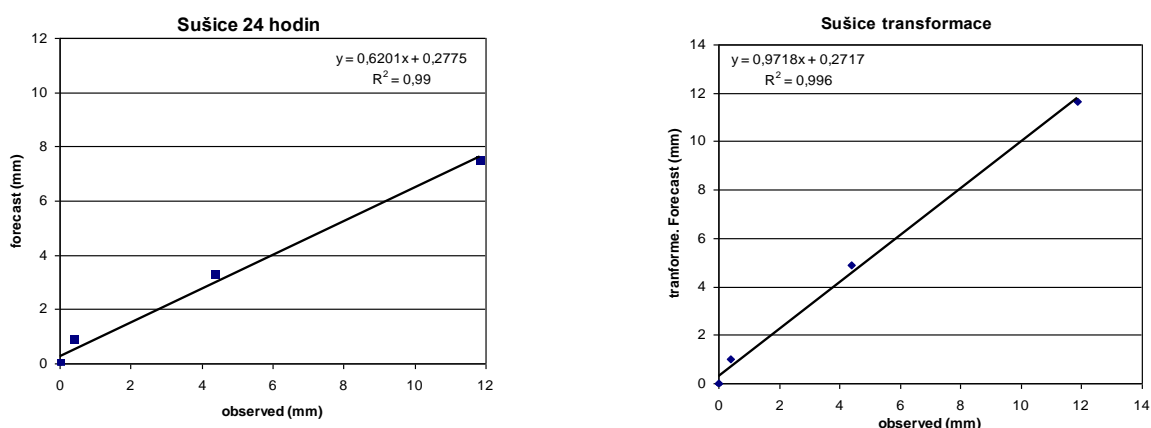
Obr.6.3.5.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Otavy, vlevo před transformací a vpravo po transformaci.

Po transformaci předpovědi srážek se snížilo podhodnocení počtu dnů beze srážek, ale k hlavní změně došlo u srážkových úhrnů do 1 mm. Ty byly původně mírně nadhodnocovány a po transformaci jsou značně podhodnoceny. Srážky od 1 do 5 mm již nejsou v tolika případech nadhodnoceny, ale k nadhodnocení nyní dochází u srážek nad 5 mm, které původně model podhodnocoval.



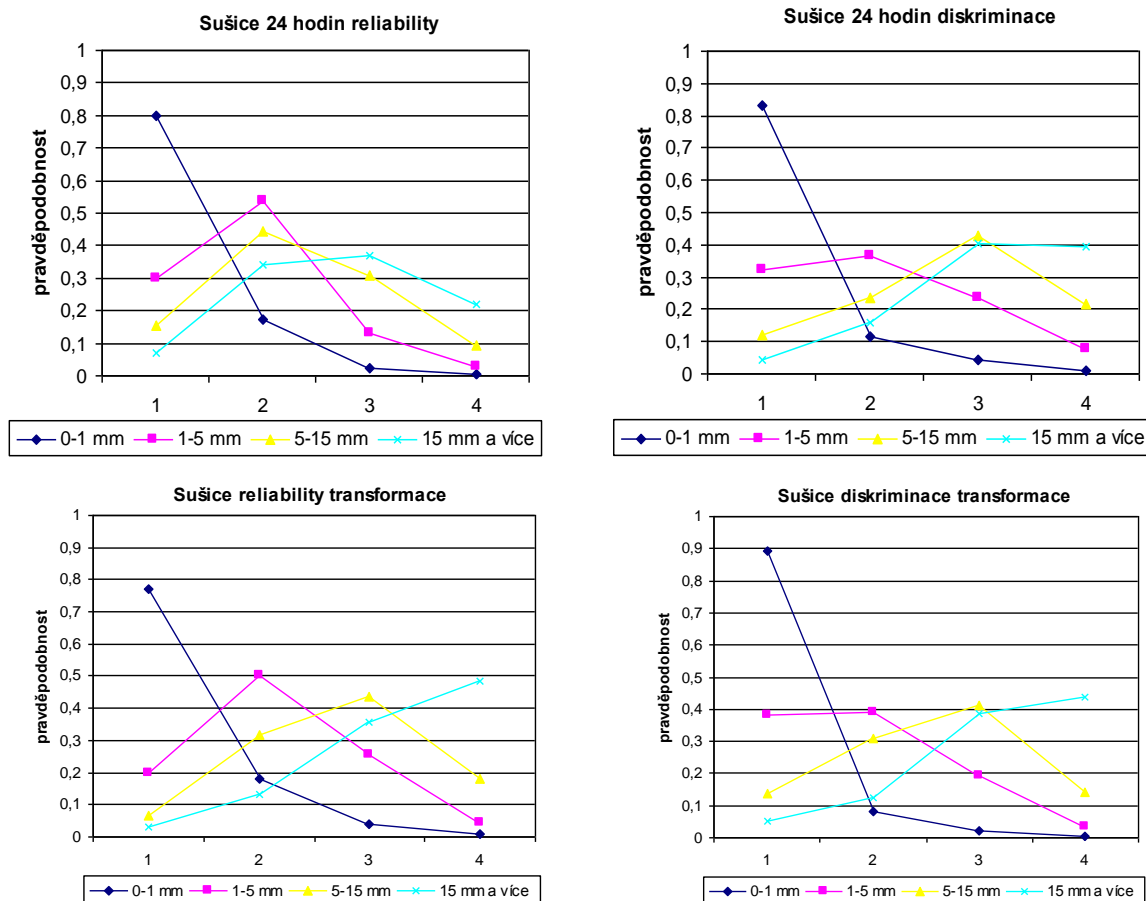
Obr.6.3.5.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Otavy a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, před a po provedené transformaci.

Stejně tak metoda kumulativní distribuční funkce potvrdila, že již nejsou mírně nadhodnoceny nízké srážkové úhrny, a že dochází k výraznému nadhodnocení vyšších srážkových úhrnů, u kterých původně docházelo ke značnému podhodnocení. Jinak ovšem obě křivky vykazují mnohem výraznější shodu, protože bylo odstraněno podhodnocení celkového objemu srážek.



Obr.6.3.5.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Otavy, před a po provedené transformaci.

Po transformaci již nedochází k podhodnocení srážek, regresní přímka sleduje osu kvadrantu.

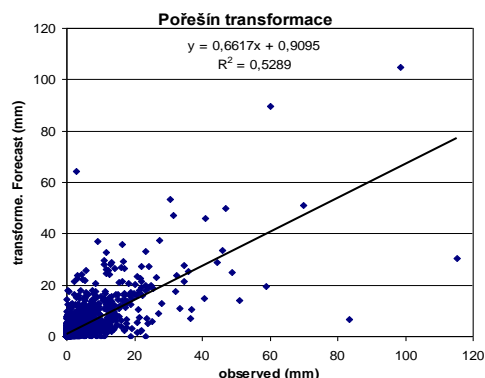
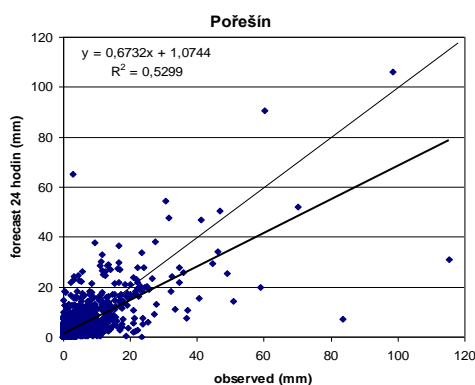


Obr.6.3.5.6 – Diagram hodnověrnosti předpovědi a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Otavy, před a po transformaci.

Z hlediska hodnověrnosti předpovědi se transformace projevila především u srážek nad 5 mm. Před transformací se při předpovědi 5-15 mm takovéto srážky vyskytly pouze ve 30 % případů, nyní již ve 42 % a k ještě výraznějším změnám došlo u srážek nad 15 mm. Tyto srážky se nyní vyskytují v 50 % případů, kdy jsou očekávány (původně pouze 20 %) a v dalších více než 35 % se vyskytnou srážky alespoň v rozmezí 5-15 mm. Z hlediska diskriminace po transformaci prakticky nedošlo k výraznějším změnám.

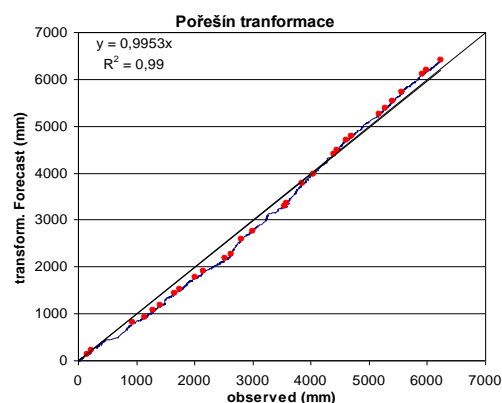
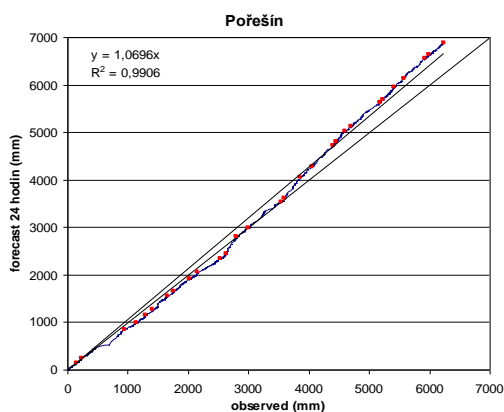
Dá se tedy konstatovat, že po transformaci došlo k výraznému zlepšení hodnověrnosti předpovědi u srážek nad 5 mm, a to především u vysokých srážkových úhrnů nad 15 mm, což je z hlediska předpovědi možných nebezpečných jevů velmi důležité. Předpověď se dá po transformaci opět považovat jako relativně úspěšná, i když ne tak, jako v některých předcházejících oblastech.

### 6.3.6 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Malše



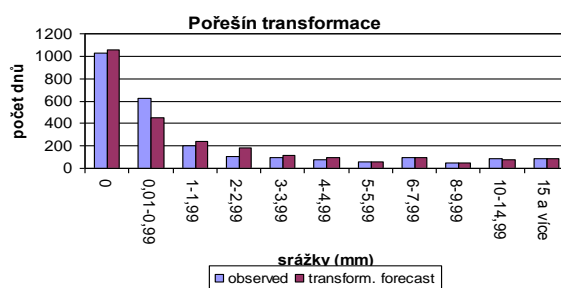
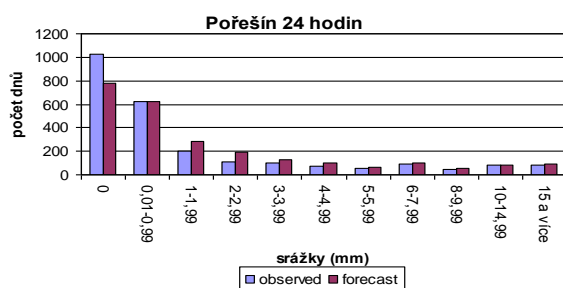
Obr.6.3.6.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí horní Malše, před a po transformaci.

Statistická závislost mezi naměřenými a transformovanými předpovídanými hodnotami je sice poměrně nízká, určité známky závislosti na rozdíl od ostatních povodí ale vykazuje.



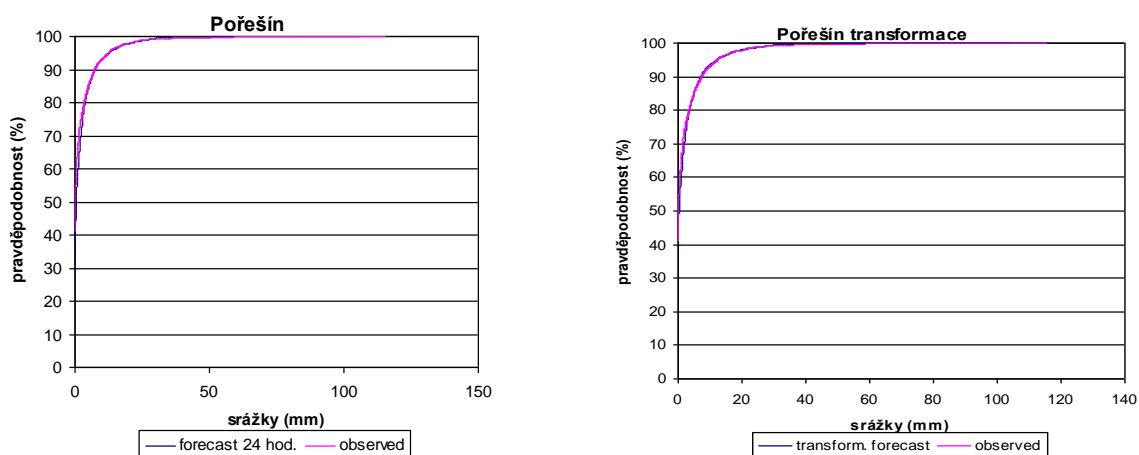
Obr.6.3.6.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Malše.

Předpovědní model ALADIN před transformací nadhodnocoval srážky v průměru o necelých 10 %, a to opět především od roku 2005 (do té doby lehké podhodnocení). Po transformaci již k výraznému nadhodnocení srážek nedochází, přesto je znatelné jejich slabé podhodnocení do roku 2005 a od tohoto roku mírné nadhodnocení. Oproti jiným stanicím zde nedochází k výrazným výkyvům v jednotlivých ročních obdobích.



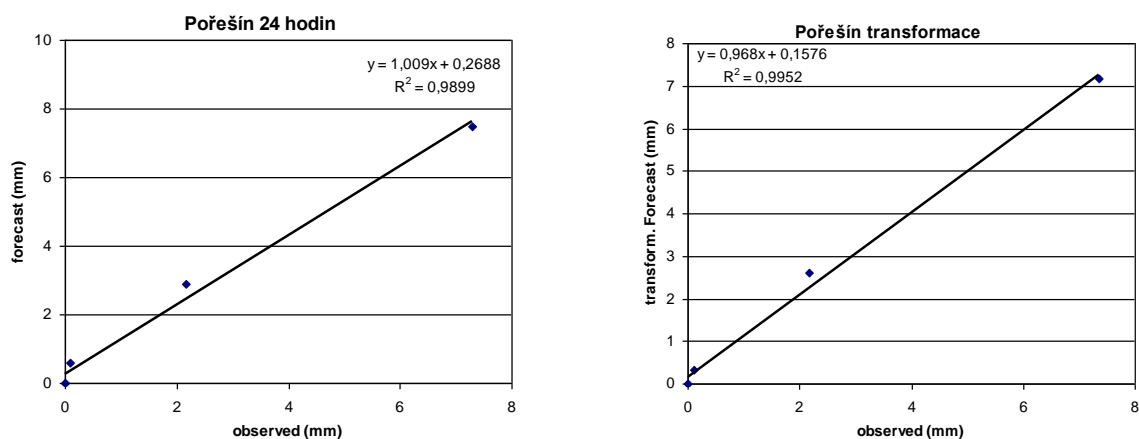
Obr.6.3.6.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Malše, vlevo před a vpravo po transformaci.

Po transformaci předpovědi srážek již model ALADIN nepodhodnocuje dny beze srážek, ale naopak začal mírně podhodnocovat srážky do 1 mm. U ostatních vybraných kategorií nedošlo k žádným výrazným změnám, pouze srážky od 1 do 2 mm již jsou nadhodnoceny jen velmi nepatrně.



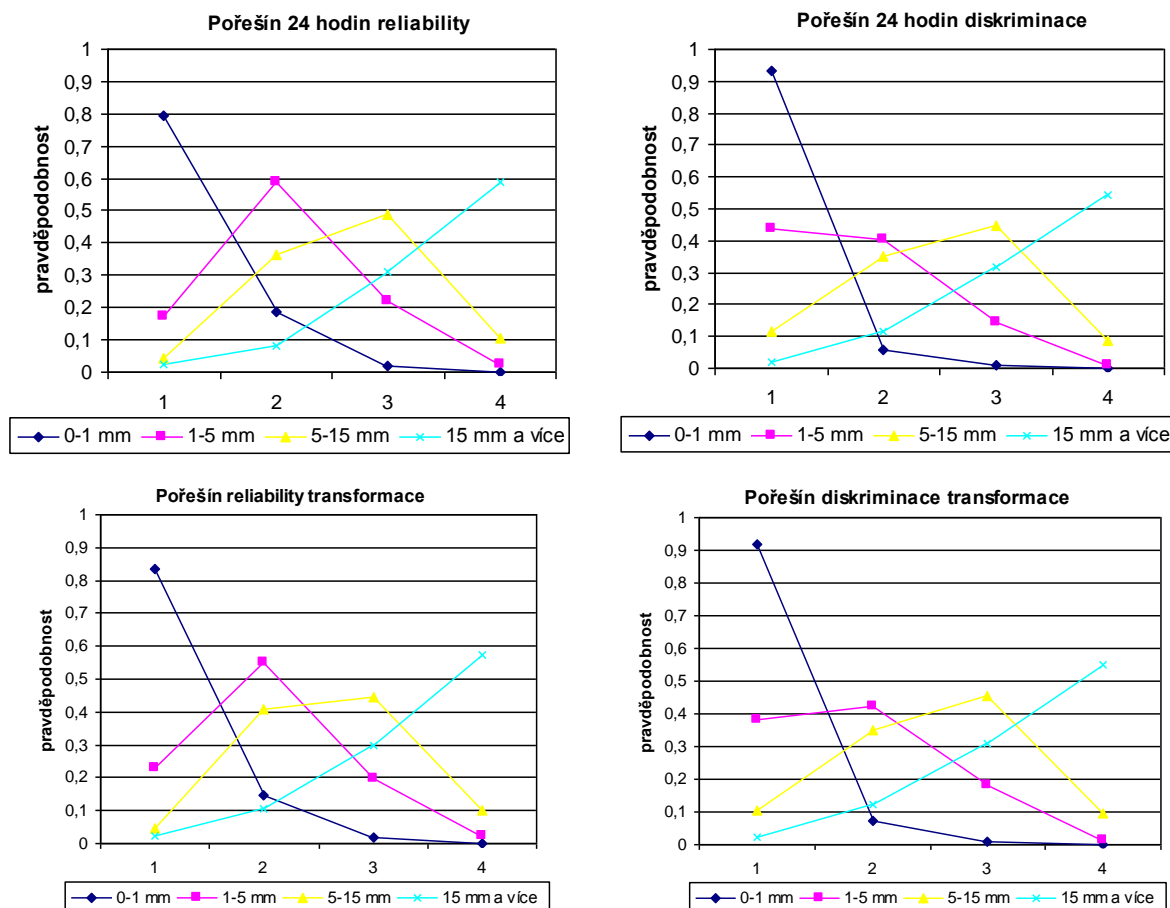
Obr.6.3.6.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Malše a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN před a po provedené transformaci.

Po transformaci předpovědi srážek model již pouze podhodnocuje srážková maxima, ale již ne tak výrazně jako tomu bylo před transformací. Shoda obou křivek byla velmi dobrá již před provedenou transformací předpovědi.



Obr.6.3.6.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Malše, před a po provedené transformaci.

Po transformaci předpovědi se předpovídané a pozorované hodnoty opět více přiblížily k regresní přímce a především se pohybují blízko osy kvadrantu. Je tedy patrné vylepšení předpovědi po transformaci.



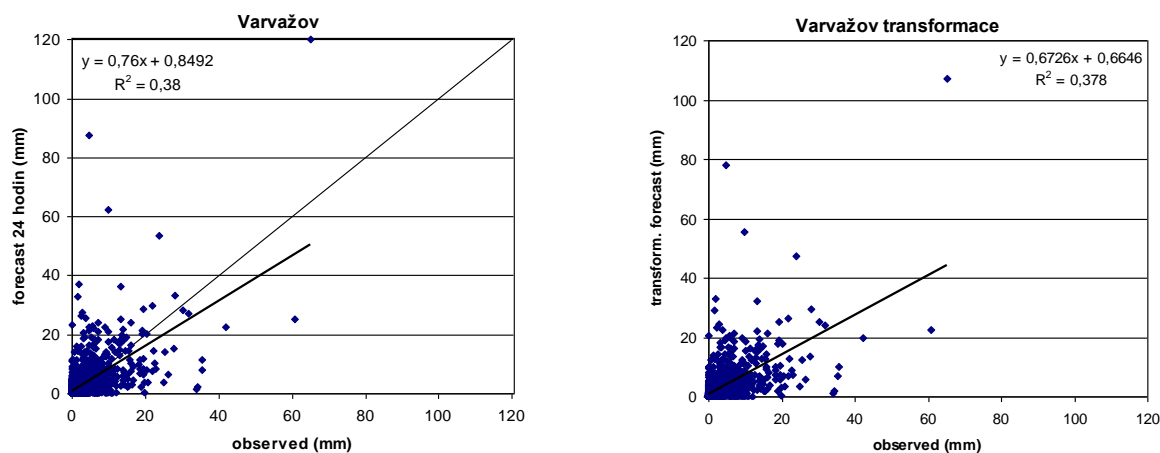
Obr.6.3.6.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Malše, před a po transformaci.

Po transformaci předpovědi došlo ke zlepšení hodnověrnosti. Pokud byly předpovídaný srážky od 1 do 5 mm, tak se původně vyskytly ve 40 %, zatímco po transformaci již ve více než 55 %. Pokud byly očekávány srážky v rozmezí 5-15 mm, tak se nyní vyskytly v 45 % a v dalších 40 % bylo naměřeno 1-5 mm. Výrazné zlepšení bylo zaznamenáno i u srážek nad 15 mm, které se po transformaci předpovědi vyskytují v 60 % případů, kdy jsou očekávány.

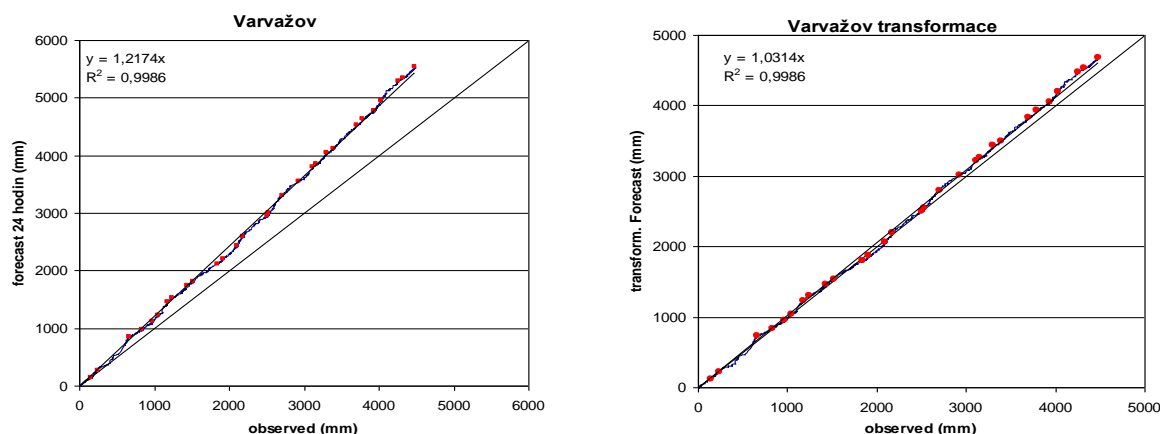
Hodnoty diskriminace nevykazují po transformaci žádné změny, a tak se dá konstatovat, že předpověď modelu po transformaci je velmi dobrá, protože dokáže rozlišit dny, ve kterých se vyskytují malé srážkové úhrny od dnů s vysokými srážkami.

Z hlediska hodnověrnosti a diskriminace je předpověď pro povodí horní Malše vynikající.

### 6.3.7 Transformace předpovědi srážek pro povodí Skalice

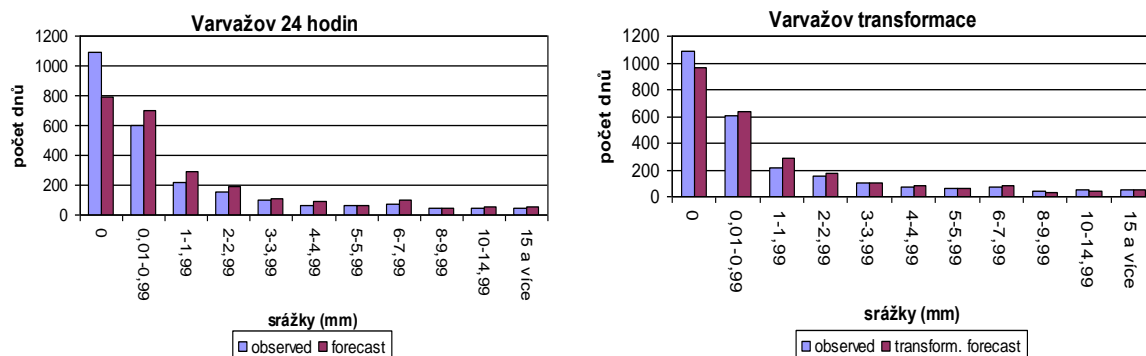


Obr.6.3.7.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí Skalice, před a po transformaci.



Obr.6.3.7.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Skalice.

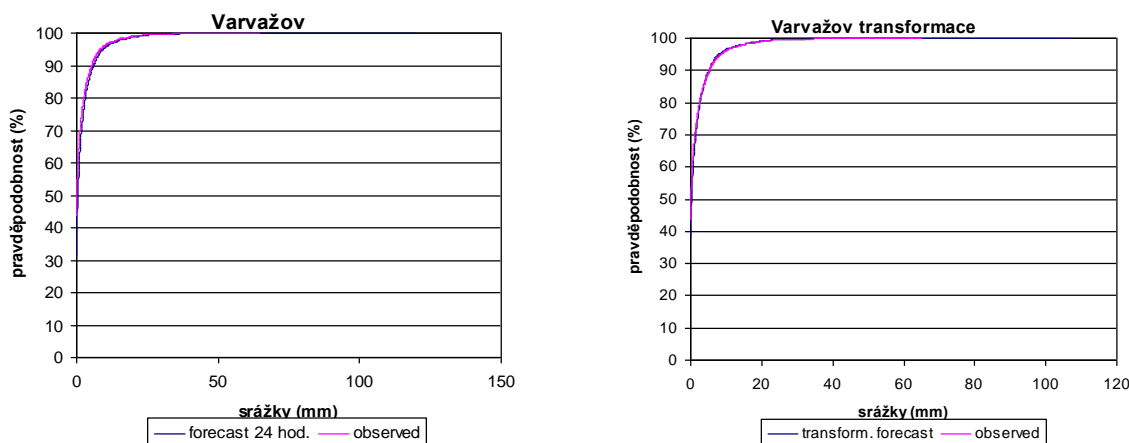
Předpovědní model ALADIN před transformací předpovědi nadhodnocoval srážky v průměru o 22 % bez výrazných rozdílů v jednotlivých ročních obdobích. Po transformaci již dochází k pouze 3,5 % nadhodnocení srážek, což je již zanedbatelné číslo a předpověď množství srážek se dá označit jako velmi dobrá.



Obr.6.3.7.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí Skalice, před transformací vlevo a po transformaci vpravo.

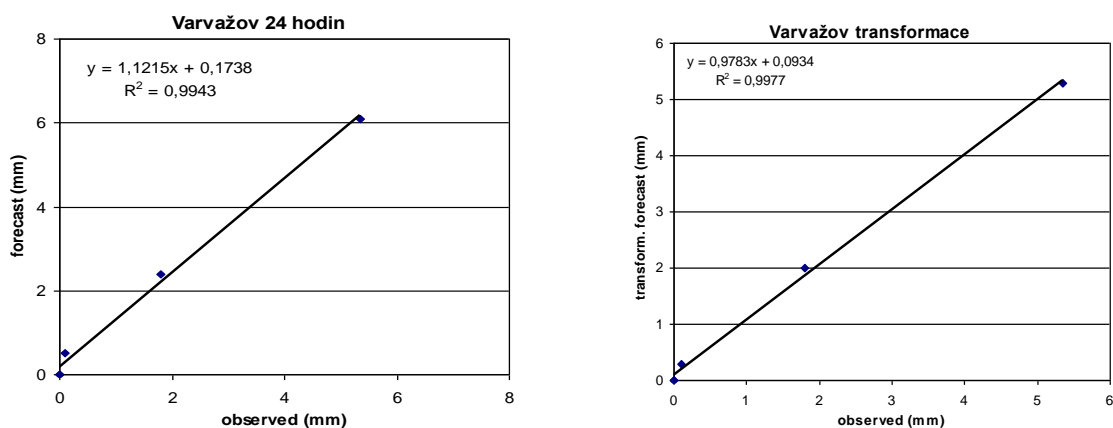


Předpovědní model před transformací značně podhodnocoval především počet dnů beze srážek, nyní již tyto dny podhodnocuje jen slabě, také o něco méně nadhodnocuje srážkové úhrny do 1 mm. Četnost výskytu v dalších kategoriích model poměrně dobře předpovídal již před transformací a zde k žádným změnám nedošlo.



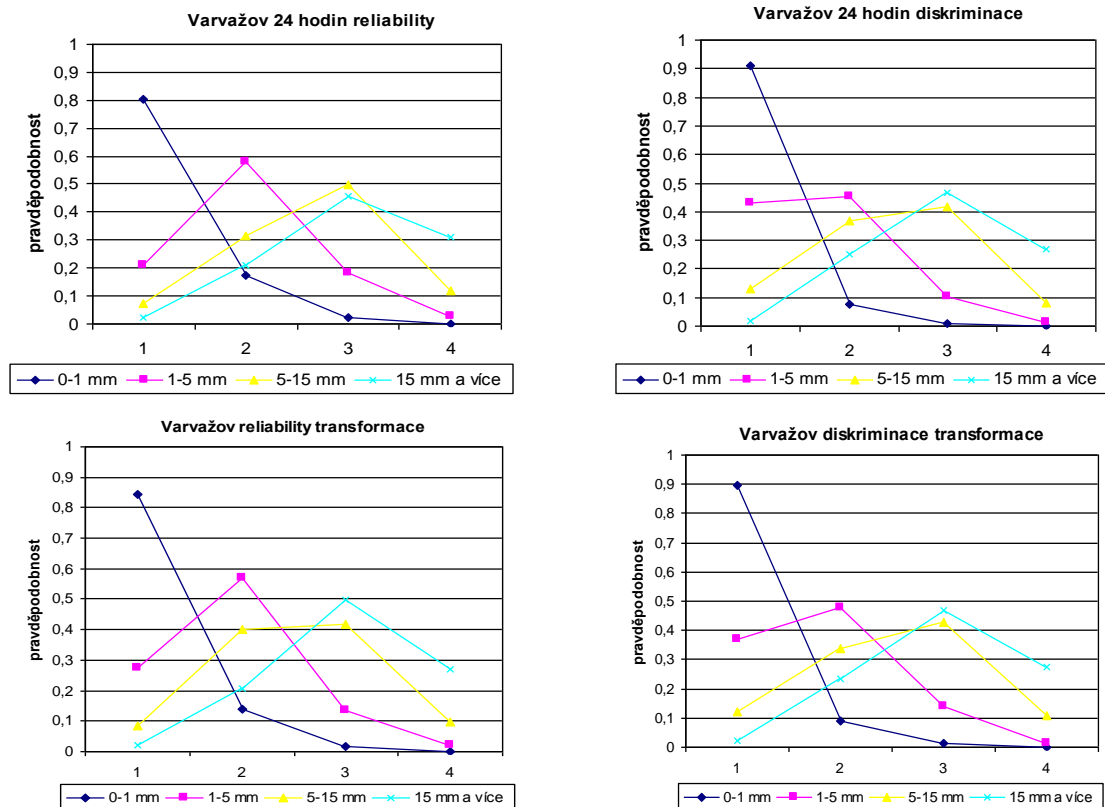
Obr.6.3.7.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí Skalice a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, před a po provedené transformaci.

Předpovědní model jak před transformací předpovědi, tak také po ní stále poměrně výrazně nadhodnocuje srážková maxima v povodí řeky Skalice, ale jak před transformací, tak i po ní je shoda obou křivek velmi dobrá.



Obr.6.3.7.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí Skalice.

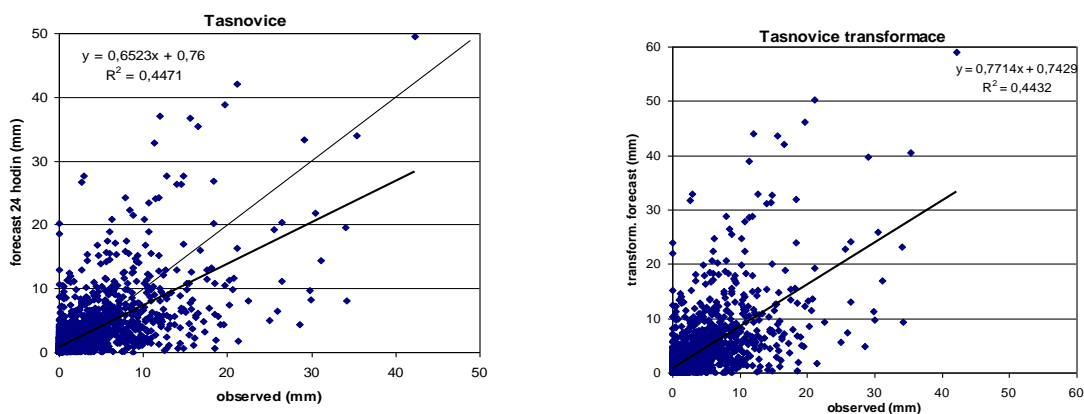
Z hlediska hodnověrnosti předpovědi srážek se transformace projevila pouze u srážek od 5 do 15 mm, které se před transformací vyskytly v 40 % případech, když byly očekávány a po transformaci již v 50 % případů. U diskriminace nedošlo k prakticky žádným změnám (viz obr.6.3.7.6).



Obr.6.3.7.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí Skalice, před a po transformaci.

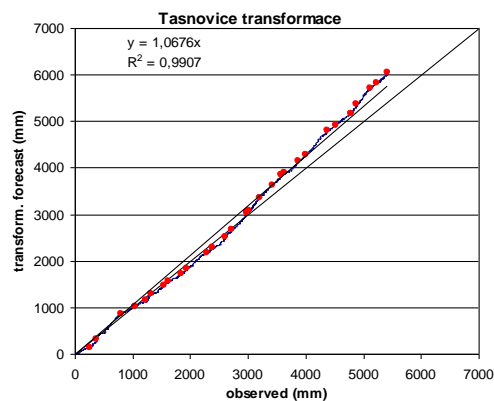
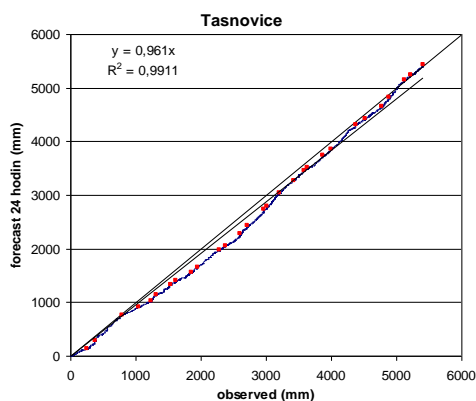
Přestože předpovědní model ani po transformaci není schopen zrovna ideálně předpovědět především vysoké srážkové úhrny, tak dokáže relativně spolehlivě odlišit období s nízkými srážkami a období s výskytem srážek nad 5 mm.

### 6.3.8. Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Radbuzy



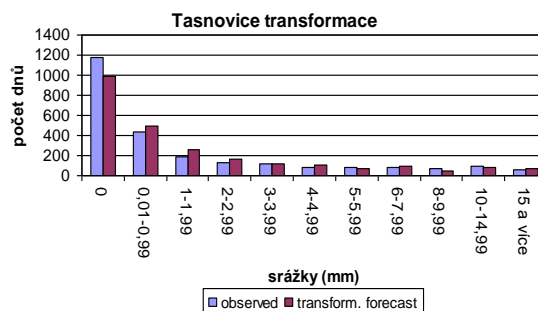
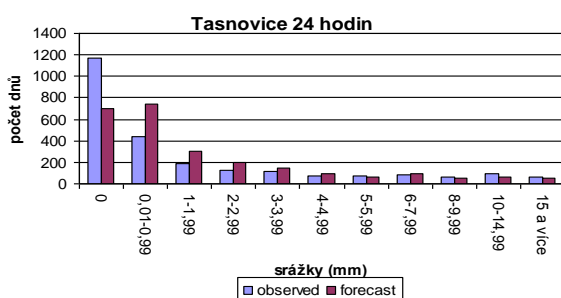
Obr.6.3.8.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí Radbuzy, před a po transformaci.

Statistická závislost mezi naměřenými a předpovídanými transformovanými hodnotami ve smyslu lineární regrese je však i nadále relativně nízká.



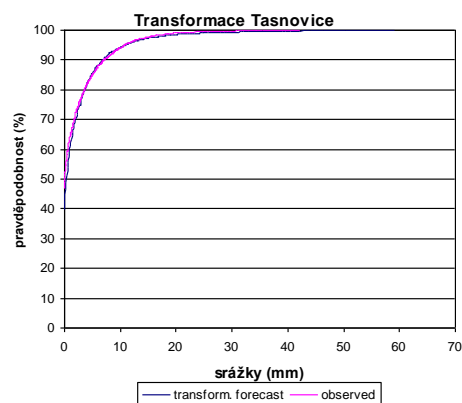
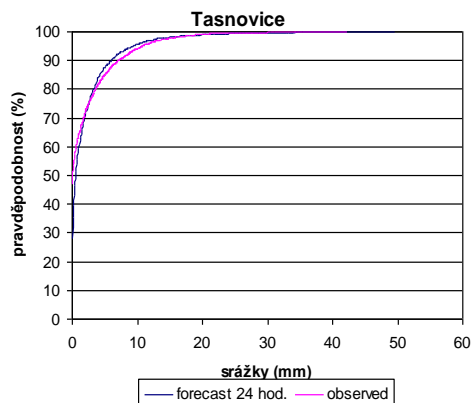
Obr.6.3.8.2 - Podvojná součtová čára předpovídáných a naměřených hodnot pro povodí Radbuzy

Předpovědní model před transformací objem srážek nenadhodnocoval, pouze do roku 2005 slabě podhodnocoval a od roku 2005 slabě nadhodnocoval. Po transformaci již model srážky v průměru asi o 5 % nadhodnocuje, a to především od zmiňovaného roku 2005. V zimních měsících srážky dlouhodobě podhodnocuje a v letních pro změnu nadhodnocuje.



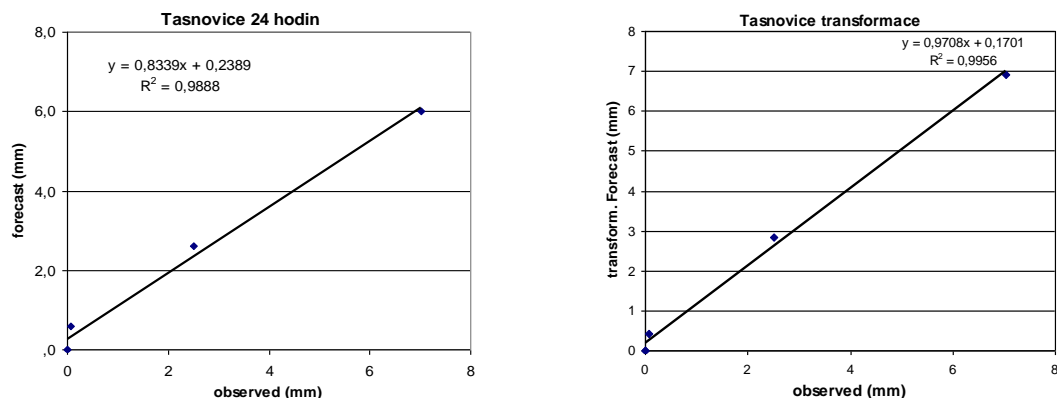
Obr.6.3.8.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Radbuzy, vlevo před a vpravo po transformaci.

Před transformací předpovědi model výrazně podhodnocoval dny bez srážek a značně nadhodnocoval srážky do 1 mm. Nyní počet dnů bez srážek již podhodnocuje jen mírně a srážky do 1 mm nadhodnocuje velmi zanedbatelně, od 1 do 3 mm však o něco výrazněji.

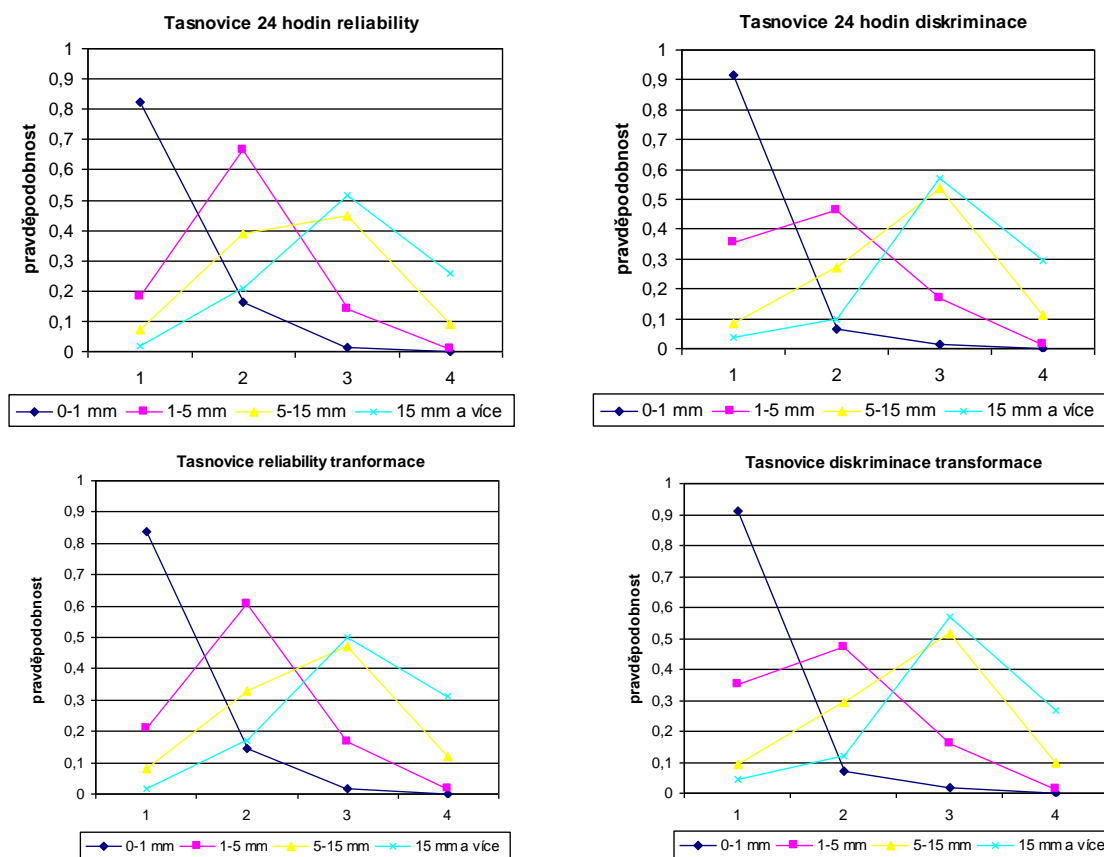


Obr.6.3.8.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Radbuzy a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN, před a po transformaci.

Po transformaci předpovědi již nedochází k podhodnocení počtu dní beze srážek, ale ke zvýraznění nadhodnocení u srážkových maxim. Znatelná je také výrazná shoda obou křivek.



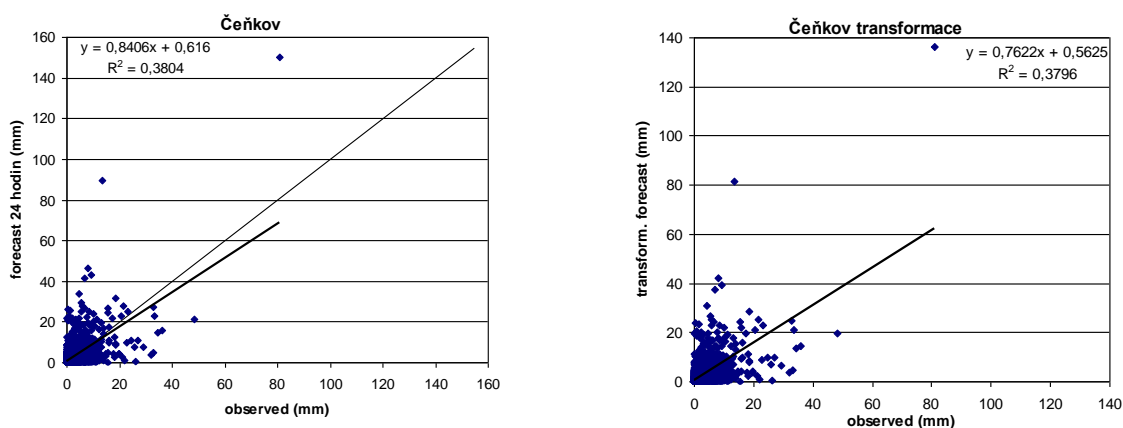
Obr.6.3.8.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí Radbuzy, před a po transformaci.



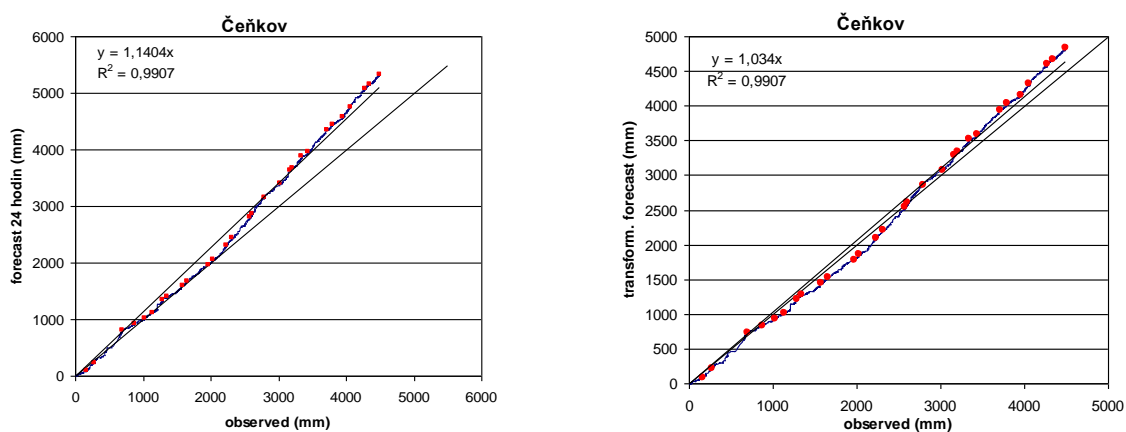
Obr.6.3.8.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Radbuzy, před a po transformaci

Na diagramech hodnověrnosti předpovědi srážek a diskriminačním diagramu se transformace předpovědi téměř vůbec neprojevila. Je zde evidentní velmi dobrá schopnost předpovědi srážek do 5 mm. Také srážky od 5 do 15 mm jsou předpovídány s 50 % úspěšností. Maximální srážkové úhrny nejsou předpovídány přesně, ale když očekávány jsou, tak se s vysokou pravděpodobností vyskytují srážky alespoň nad 5 mm.

### 6.3.9 Transformace předpovědi srážek pro povodí horní Litavky

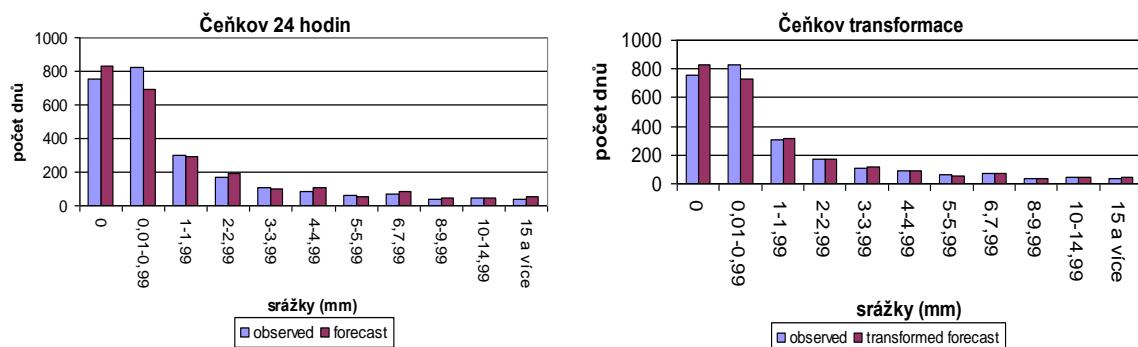


Obr.6.3.9.1 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty pro povodí horní Litavky, před a po transformaci.



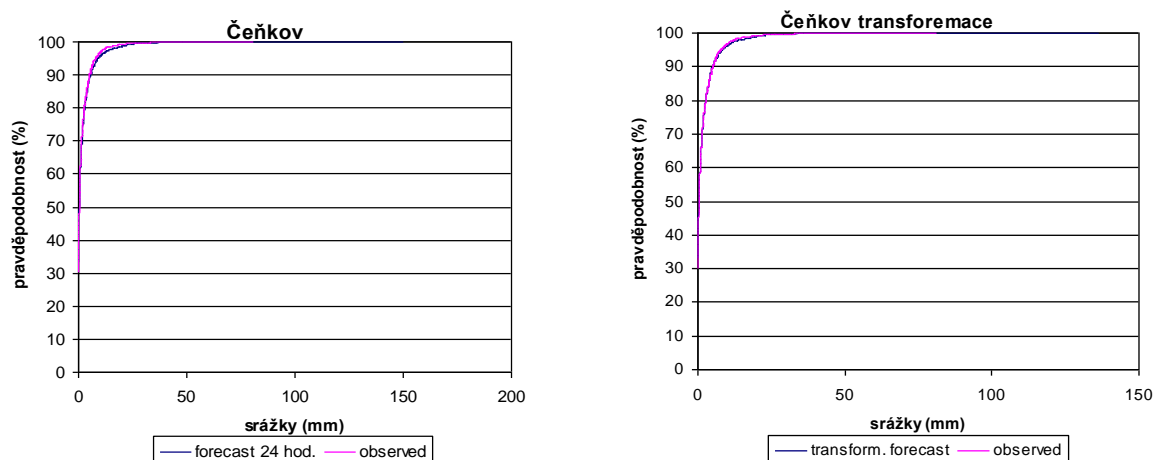
Obr.6.3.9.2 - Podvojná součtová čára předpovídaných a naměřených hodnot pro povodí Litavky.

Předpovědní model před transformací nadhodnocuje srážky o 15 % s tím, že do roku 2005 k žádnému nadhodnocení nedocházelo a od tohoto roku je nadhodnocení poměrně značné. Po transformaci model nadhodnocuje celkový objem srážek o necelých 5 %. Do roku 2005 dokonce srážky slabě podhodnocuje a od roku 2005 dochází k mírnému nadhodnocení.



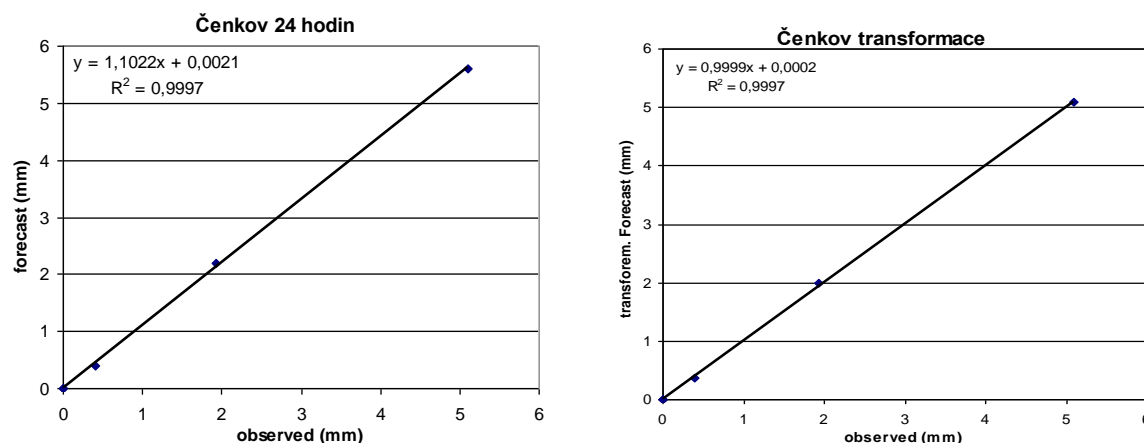
Obr.6.3.9.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Litavky, vlevo před a vpravo po transformaci.

Transformace předpovědi srážek se na histogramu četnosti prakticky vůbec neprojevila. Zastoupení srážek v jednotlivých intervalech zůstalo beze změn, a to zejména proto, protože již před transformací byla předpověď velmi dobrá.

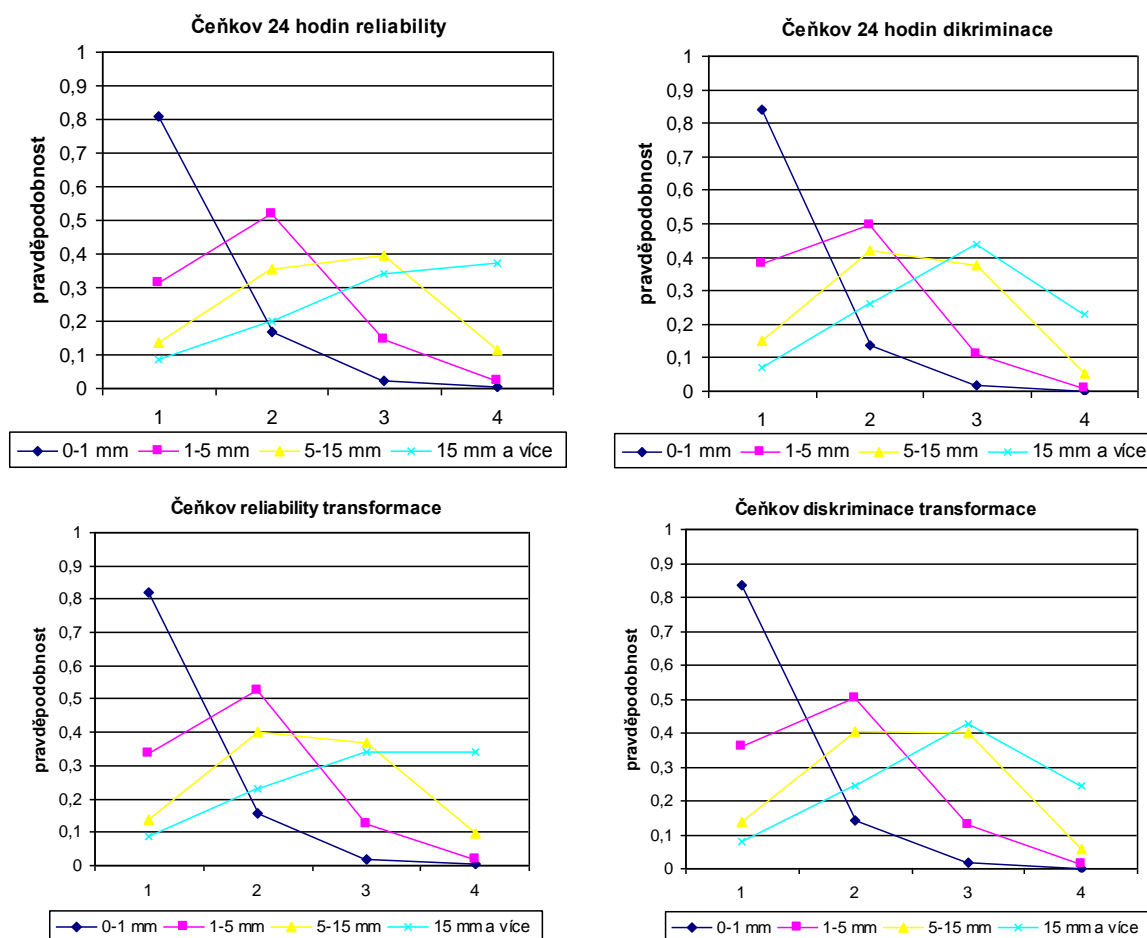


Obr.6.3.9.4 – Kumulativní distribuční funkce skutečně pozorovaných srážek v povodí horní Litavky a 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN.

Také na kumulativní distribuční funkci se transformace předpovědi neprojevila. Model neustále lehce nadhodnocuje počet dnů bez srážek a taktéž poměrně výrazně nadhodnocuje maximální srážkové úhrny. Shoda obou křivek zde byla patrná již před transformací.



Obr.6.3.9.5 - Závislost předpovídané a pozorované hodnoty v jednotlivých vybraných kvantilech (10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 90 %) pro povodí horní Litavky, před a po transformaci.



Obr.6.3.9.6 – Diagram hodnověrnosti a diskriminační digram porovnání 24 hodinové předpovědi modelu ALADIN a pozorování pro povodí horní Litavky, před a po transformaci.

Ani na diagramu hodnověrnosti předpovědi srážek (reliability) a diskriminačním diagramu se transformace předpovědi vůbec neprojevila a úspěšnost je tu prakticky totožná jako pro povodí horní Radbuzy.

Transformace 24 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN se nejvíce projevila na kumulované distribuční funkci, kde došlo většinou k výraznému zlepšení shody mezi pozorovanými srážkami a jejich předpovědí. Výrazné změny k lepšímu jsou také patrné u podvojně součtové čáry (i zde se výrazně projeví změny v objemu předpovídaných srážek), a také na histogramu četností, kde došlo na většině stanic k odstranění (nebo alespoň zmírnění) podhodnocení počtu dnů beze srážek a nadhodnocení srážek do 1 mm.

Protože šlo o transformaci používající kvantily v rozpětí 10 až 90 %, může samozřejmě docházet ke zkreslení hodnot mimo tento interval, tedy zejména u extrémů (viz Sušice).

## **7. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE**

Z výsledků výše uvedených statistických metod vyplývá, že předpovědní model ALADIN ve vybraných významných zdrojových oblastech v povodí Labe výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek (s výjimkou povodí horní Jizery a horní Litavky) a naopak nadhodnocuje srážky do 3 mm a v některých povodích až do 5 mm. Především v povodích, která se nachází z hlediska převládajícího návětrí za výrazným horským hřebenem (horní Otava, horní Úpa a částečně horní Radbuza) dochází k výraznému podhodnocení vyšších srážkových úhrnů nad 8 mm. V těchto třech povodích byl také předpovědním modelem podhodnocen celkový objem srážek (u Tasnovic pouze do roku 2005), zatímco v ostatních sledovaných povodích byl celkový objem srážek mírně až výrazně nadhodnocen, což potvrdila jak kumulativní distribuční funkce, tak také podvojná součtová čára. Ve většině sledovaných oblastí byla také podle očekávání podhodnocována srážková maxima, podobně jako například pro Austrálii (Ebert, McBride, 2000).

Pokud se ve sledovaných oblastech vyskytlo období se srážkami do 1 mm, tak bylo ve více než 75 % případů modelem rovněž předpovíáno. Stejně tak jestliže se vyskytly srážky do 5 mm, tak byly také ve více než 75 % případů modelem očekávány, pouze 48 hodinová předpověď pro povodí Malše a Dědiny očekávala ve více než 30 % srážky vyšší. Při výskytu srážek od 5 do 15 mm předpovědní model jen velmi sporadicky očekával srážky do 1 mm nebo naopak vyšší srážkové úhrny nad 15 mm. V případě, že se ve vybraných povodích vyskytly srážkové úhrny vyšší než 15 mm, tak předpovědní model jen výjimečně předpovídal srážky do 1 mm a zhruba pouze ve 30 % případů očekával srážky do 5 mm.

Naopak pokud předpovědní model očekával srážky pouze do 1 mm, tak se takto nízké srážky vyskytly ve více než 80 % všech případů. Při předpovědi srážek do 5 mm se pouze v 10-20 % případů vyskytly srážky vyšší, výjimkou byly pouze horské povodí Otavy a Úpy, kde se vyšší srážkové úhrny, než byla předpověď, vyskytly častěji. Jakmile model ALADIN předpovídal srážky od 5 do 15 mm, tak se pouze výjimečně vyskytly vyšší srážky než 15 mm, a to opět s výjimkou horských povodí Otavy, Úpy a Jizery, kde se vyšší srážky vyskytly ve 20-25 % případů. Když model předpovídal srážky vyšší než 15 mm, tak se v horských povodích pouze ve 20 % vyskytly srážky nižší než 5 mm. Méně úspěšná byla předpověď pro povodí Skalice, Litavky a Sázavy. V povodí horní Sázavy se při této předpovědi vyskytovaly zhruba se stejnou pravděpodobností srážky všech vymezených kategorií. V povodí Skalice a Litavky se vysoké srážky nevyskytly téměř nikdy, pokud je 48 hodinová předpověď modelu ALADIN očekávala.



Výše uvedené výsledky tedy dokazují, že z pohledu hodnověrnosti (reliability) i diskriminace lze předpovědi modelu ALADIN pro vybraná povodí označit jako dostatečně úspěšné s výjimkou ne příliš přesné detekce vysokých srážkových úhrnů v již zmiňovaných povodích.

Především pro povodí Skalice a Litavky model relativně často předpovídal vysoké srážkové úhrny, které se později nevyskytly, což v uvedených povodích může být důsledkem jejich celkově menší nadmořské výšky, a tedy relativně větším podílem konvektivních srážek na celkovém ročním srážkovém úhrnu, než je tomu u horských stanic. Přitom model není schopen konvektivní srážky přesně kvantifikovat a lokalizovat a jeho predikce je v tomto případě založena spíše na výskytu podmínek příhodných pro vznik konvekce, které však ze zkušenosti zaujímají spíše větší územní rozlohu, než skutečně vyskytnuvší se intenzivní srážky. Pokud jsou modelem předpovídaný konvektivní srážky v horských oblastech Šumavy, Krkonoš, Jizerských hor, ale i dalších vyšších pohoří, je pravděpodobnost jejich výskytu vyšší v důsledku terénních predispozic podporujících vertikální proudění vzduchu. Naopak v povodí Skalice či horní Litavky se mohou vyhnout a zasáhnout např. sousední povodí a opačně, protože výstupné proudění je zde podmíněno především frontálními výstupy, nebo lokálními výstupnými pohyby.

Naopak výskyt intenzivních srážek i v případech, kdy nebyly predikovány, se objevuje u všech hodnocených povodí a lze ho tedy nejspíše připsat nepřesnému vyhodnocení stavu a následného vývoje atmosféry jako takové.

Shodné rysy vykazují horní povodí Otavy a Úpy, kde dochází k výraznému podhodnocení celkového objemu srážek. To vzniká zejména v podzimním a zimním období, kdy převládají srážkové situace, přicházející ze západních směrů. Obě zmiňovaná povodí jsou tedy na „závětné“ straně nejvyšších hřebenů a pravděpodobnou příčinou výrazného podhodnocení srážek je to, že model nepředpokládá výskyt srážek za hřebenem, ačkoliv v realitě zde srážky zůstávají velmi intenzivní, a to zejména v některých lokalitách s příznivou lokální konfigurací terénu, jako je například oblast Březníku či Prášil v povodí horní Otavy (Vlasák, 2000).

Mírné podhodnocení nastává i v létě, a to pravděpodobně z obdobného důvodu, relativní váha západních situací v tomto období je však menší. Tento jev se částečně projevuje i v povodí horní Radbuzy, kde docházelo k podhodnocení především podzimních a zimních srážek do roku 2005. Po změnách v rozlišení modelu začalo docházet k mírnému nadhodnocení letních srážek a podhodnocení na podzim a v zimě bylo minimalizováno zřejmě v důsledku zvýšení orografického efektu při podrobnějším rozlišení modelu.

Především v povodí Dědiny a Sázavy se projevil výrazný zlom v předpovědi srážek po roce 2005, kdy došlo k nadhodnocování předpovědi srážek ve všech ročních obdobích, ale výrazně nejvíce v zimním období. Po změnách v rozlišení předpovědního modelu ALADIN došlo ke znatelnému vyvýšení těchto oblastí nad okolní povrch, a tudíž začalo docházet ke zvýraznění návětrí při západních srážkových situacích, které jsou právě v zimním období velmi časté.

Tento jev se projevil i v povodí horní Malše, i když ne tak výrazně, protože k nadhodnocování srážek po roce 2005 docházelo pouze na podzim a v zimě. V ostatních obdobích byl objem srážek předpovídan po celé sledované období velmi dobře.

Dle očekávání bylo vyhodnocení předpovědi srážek modelu ALADIN velmi podobné pro povodí horní Litavky a Skalice. Po celé sledované období zde docházelo k nadhodnocení celkového objemu srážek, což bylo ještě zvýrazněno po roce 2005. Do té doby docházelo k nadhodnocení jarních a letních srážek, což bylo způsobeno nadhodnocováním především srážek konvektivního charakteru. Od roku 2005 již byly nadhodnocovány i podzimní a zimní srážky, což bylo způsobeno již zmíněnými změnami v rozlišení předpovědního modelu, které se zde projevíly podobným způsobem jako v povodí horní Sázavy a horní Dědiny.

Od ostatních povodí, pro které byl předpovědní model vyhodnocován, se odlišuje povodí horní Jizery. Po celé sledované období zde model velmi přesně předpovídal celkový objem srážek, a to i v jednotlivých ročních obdobích, kdy docházelo pouze k minimálním odchylkám na podzim a na jaře, ke změnám zde nedošlo ani po roce 2005.

K prezentovaným výsledkům je třeba uvést fakt, že předpovědní model ALADIN nebyl ve sledovaném období stále stejný, ale docházelo k jeho postupnému vývoji. K nejvýznamnější změně došlo v roce 2005, kdy se zvýšilo prostorové rozlišení modelu a současně došlo k nezbytné úpravě parametrizace tvorby konvektivních srážek, což se projevilo i ve výsledcích pro některá vybraná povodí.

Ideální by samozřejmě bylo provést vyhodnocení na hindcastingových datech (tedy na „simulovaných“ historických předpovědích), vzniklých na základě resimulace modelu s jednotným nastavením a parametry pro celé zkoumané období (Tihelen, 2007). Bohužel hindcast pro model ALADIN není k dispozici. Navíc hindcasting je většinou prováděn na zastaralých verzích modelů, a proto výsledky jeho vyhodnocení nejsou vždy snadno aplikovatelné a přenositelné na nejnovější operativní verze modelu. To mimo jiné prokázalo naše vyhodnocení zřetelně identifikující dobu přechodu na novou verzi modelu v některých hodnocených kritériích.

Následná kvantilová transformace předpovědi srážek modelu ALADIN se nejvíce projevila na předpovědi celkového objemu srážek pro vybraná povodí. Na většině vybraných povodích dochází po transformaci k výrazné shodě předpovídaných a naměřených kumulovaných srážek. Stejně tak bylo výrazně redukováno značné podhodnocení počtu dnů beze srážek, což mělo samozřejmě vliv na zmírnění nadhodnocení srážek do 3 mm. Naopak podle očekávání nedošlo ke zlepšení závislosti předpovídaných a naměřených srážek u jednotlivých srážkových událostí, kde jednoduchá statistická transformace bez zavedení dalších vnějších parametrů (faktorů), rozlišujících jednotlivé „synoptické“ situace, vyhodnocení prostorových souvislostí srážkového pole (Ebert, McBride, 2000), případně bez dynamického postprocessingu (Tustison, 2002), nemůže přinést významnější zlepšení.

Pro přesnější a úspěšnější postprocessing předpovědi srážek by tedy bylo potřebné rozlišovat například to, zda šlo o srážky konvektivního či frontálního charakteru, zda se jednalo o srážky sněhové, dešťové či smíšené a samozřejmě také, ze které světové strany přicházely, aby mohl být selektivně upraven vliv závětrí či návětrí.

Současně je nutné zmínit, že kvantilová transformace není vhodná pro přesné transformování extrémních hodnot ležících mimo rozsah použitých kvantilů (10 až 90 %). Zahnutí dalších kvantilů směrem k extrémům by však mělo za následek deformaci regresní rovnice a pravděpodobně zhoršení přínosu transformace pro zlepšení shody objemu srážek.

Vliv na provedené hodnocení mají samozřejmě i použitá „měřená“ srážková data. Použity byly hodnoty průměrné plošné srážky na povodí (MAP), které nemusí reprezentovat skutečný srážkový úhrn na povodí, a to z důvodu chyb měření srážkoměrů, nebo vlivem použité metody výpočtu MAP. Této problematice se v české literatuře podrobněji věnuje například Daňhelka (2007). Soubor použitých srážkoměrných stanic v hodnoceném období rovněž nezůstával neměnný, za zmínku stojí především automatizace a zavedení nových stanic v povodí horní Jizery a Litavky.

K dalším nepřesnostem mohlo dojít již při samotném porovnávání 24 a 48 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN se skutečně naměřenými průměrnými srážkovými úhrny ve vybraných povodích. Jak již bylo zmíněno v kapitole o zpracování vstupních dat, tak předpověď srážek modelu ALADIN (od 06:00 do 06:00 následujícího dne) byla srovnávána s naměřenými hodnotami srážek ve vybraných povodích od 07:00 do 07:00 následujícího dne. Tudíž při přechodech frontálních systémů a s tím spojenými trvalými srážkami, mohla být část předpovídaných srážek zahrnuta do předpovědi pro předchozí či naopak následující den. Tento posun v časování je však v předpovědní praxi ČHMÚ rovněž zanedbáván, protože vzhledem k dalším nejistotám v celém předpovědním procesu jde o fakt marginální.

## **8. ZÁVĚR**

Hlavním tématem diplomové práce bylo vyhodnocení předpovědi srážek modelu ALADIN pro vybraná území v důležitých zdrojových oblastech české části povodí Labe.

V teoretické části se práce věnuje stručné fyzicko-geografické charakteristice vybraných zdrojových oblastí povodí Labe a také synoptickým situacím, které jsou příhodné pro vydatné srážky, ať již konvektivního či frontálního charakteru.

Dále byl také podrobněji představen předpovědní model ALADIN a popsány všechny statistické metody, které byly v této práci použity k vyhodnocení 24 a 48 hodinové předpovědi modelu ALADIN.

Hlavní část práce pak již byla věnována samotnému vyhodnocení 24 a 48 hodinové předpovědi srážek modelu ALADIN pro 9 vybraných zdrojových oblastí v povodí Labe od roku 2002 do konce března 2009. Hlavní důraz byl kladen především na vyhodnocení a následnou transformaci 24 hodinových předpovědí, ale i vyhodnocení 48 hodinové předpovědi, které bylo možné až od března 2005 a přineslo velmi důležité poznatky.

Vyhodnoceny byly také všechny významné srážkové situace od roku 2002, které zasáhly vybrané zdrojové oblasti v české části povodí Labe.

Hlavním výsledkem vyhodnocení předpovědí srážek modelu ALADIN bylo zjištění, že předpovědní model pro většinu zdrojových oblastí výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek, s čímž bylo spojené značné nadhodnocení především nízkých srážkových úhrnů do 1 mm. Model ALADIN také ve většině vybraných povodích velmi mírně nadhodnotil srážky od 1 do 3 mm (výjimečně až 5 mm) a především v povodích za výrazným horským hřebenem podhodnotil srážky nad 8 mm.

Pro většinu vybraných povodí byl také nesprávně předpověděn celkový objem srážek. Vyhodnocení též prokázalo jeden výrazný zlom v předpovědích srážek modelu ALADIN po roce 2005, který byl způsoben změnami v rozlišení předpovědního modelu a projevil se především v předpovědích pro nižší a plošně méně rozsáhlá pohoří.

Po následné transformaci 24 hodinové předpovědi, která byla provedena kvantilovou metodou, došlo k výraznému vylepšení předpovědi celkového objemu srážek pro většinu vybraných zdrojových oblastí. Zmírněno bylo také nadhodnocování nízkých srážkových úhrnů a podhodnocení vysokých srážek, nemohlo však dojít k podstatnému vylepšení předpovědi pro jednotlivé srážkové události.

Výsledky provedené práce (vyhodnocení a následná transformace předpovědi srážek modelu ALADIN) mohou být základem pro další vývoj či úpravu předpovědi srážek tohoto modelu, případně pro nastavení mechanismů pro asimilaci předpovědi do navazujících hydrologických předpovědních modelů. Velmi významné z tohoto pohledu jsou zejména zjištěné nepřesnosti v simulaci návětrných efektů, které se projevují rozdílně v jednotlivých hodnocených povodích.

## **9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

### *Literatura:*

Atlas ČSSR (1984): Geodetický a kartografický podnik, Praha.

Bednář, J. (2003): *Meteorologie*. Portál, Praha, 223 str.

Brádka, J. (1961): *Přechody front Prahou*. Meteorologické zprávy, 14, 58 – 61.

Brádka, J et.al (1961): *Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích*. ČHMÚ, Praha, 126 str.

Brádka, J. (1970): *Srážky v závětrí Šumavy při západní cyklonální povětrnostní situaci*. Meteorologické zprávy, 23, 140 – 144.

Brádka, J. (1972): *Srážky na území ČSSR při jednotlivých typech povětrnostní situace*. Sborník prací Hydrometeorologického ústavu v Praze, 18, 8 – 62.

Brázdil, R., Štekl, J. (1986): *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR*. Univerzita J. E. Purkyně, Brno, 298 str.

Brázdil, R. (2002) : *Meteorologické extrémy a povodně v České republice*. Geografie, Sborník České geografické společnosti, 107, 4, 349-370.

Červený, J. (1984): *Podnebí a vodní režim ČSSR*. SZN, Praha, 416 str.

ČHMÚ (1998): *Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997 – dílčí část 1 - Meteorologické příčiny povodňové situace*. ČHMÚ, Praha, červen 1998.

ČHMÚ (2003): *Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 – 1 etapa - Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek*. ČHMÚ, Praha, 160 str.

Daňhelka, J. (2005): *Nejistota operativních hydrologických předpovědí*. Disertační práce, Praha, 217 str.

Daňhelka, J. (2007): *Operativní hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědí*. Sborník prací ČHMÚ, sv. 51, Praha, 104 str.

Daňhelka, J. et al. (2008): *Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoků v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR*. dílčí část 2 grantového projektu VaV – SP/1c4/16/07, zpráva za rok 2008, grantový projekt VaV – SP/1c4/16/07 - Vytvoření metodiky dlouhodobých pravděpodobnostních hydrologických předpovědí, Praha, 2008, 44 str.

Ebert, E., McBride, J.(2000): *Verification of precipitation in weather systéme: determinaton of systematic errors*. Journal of Hydrology, 239 (2000), 179-202.

Cherubini, T. et al. (2002): Verification of Precipitation Forecasts over the Alpine Region Usáňy a High-Density Observing Network. Weather and Forecasting, Vol. 17, AMS, p. 238-249.

Kakos, V. (2001): *Maximální srážky na území ČR z pohledu synoptické meteorologie*. Sborník přednášek ze semináře k výsledkům grantového projektu VaV/510/97, 23.4.2001, Klub techniků ČVTVHS, Praha, vydala Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, (str.46-60).

Kunský, J. (1968): *Fyzický zeměpis Československa*. SPN, Praha, 537 str.

Kunský, J. (1974): *Československo fyzicky zeměpisně*. SPN, Praha, 252 str.

Ludvík, B. (2005): *Zpět k pramenům*. Mladá fronta. Praha. 312 str.

Pecha, M. (2007): *Předpovědi srážek pro hydrologické modely*. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 57 str.

Rein, F. (1954): *Poznámky k přibývání srážek s rostoucí nadmořskou výškou*. Meteorologické zprávy, 7, 48 – 51, 73 – 76.

Seifert, V. (1994): *Počasí kolem nás*. Grada, Praha, 142 str.

Thielen, J. et al. (2007): *3<sup>rd</sup> HEPEX workshop, Book of Abstracts*. European Commission, EUR22861EN.

Tolasz, R., et al. (2007): *Atlas podnebí Česka*. ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha - Olomouc, 256 str.

Tustison, B. et al. (2002): *Scale-recursive estimation for multisensor Quantitative Precipitation Forecast verification: A preliminary assessment*. J.Geophys. Res., 107, 8377.

Vlasák, T. (2000): *Analýza zimních povodňových situací v povodí Otavy*. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha.

#### *Další zdroje:*

AG (2009): *Methods and scores used for verifying ensemble forecast*. Australian Government – Bureau of Meteorology.

[<http://www.bom.gov.au/bmrc/wefor/staff/eee/EPsverif/scores/scores.html> – 8.6.2009]

ČHMÚ (2009): *ALADIN*. [<http://www.chmi.cz/meteo/ov/aladin/aboutaladin/index.php> - 23.5.2009]

ČHMÚ (2009a): *Hlásná a předpovědní povodňová služba. Hlásné profily*.

[<http://hydro.chmi.cz/hpps/> - 9.5.2009]

GFDL (2009): *Improved Probability Forecasting of Weather and Weather-Related Variables*. Geophysical Fluid Dynamics Institute. [<http://www.gfdl.fsu.edu/~pfeffer/improvfinal.html> – 3.5.2009]

MetEd (2009): *Introduction to Verification of Hydrologic Forecasts*. Produced by The COMET® Program, University Corporation for Atmospheric Research.  
[<http://www.meted.ucar.edu/hydro/verification/intro/index.htm> - 21.4.2009]

MeteoSwiss (2009): *Verification of Ensemble Forecasts*.  
[[http://www.meteoschweiz.ch/web/en/research/projects/nccr\\_ii/rpss.html/](http://www.meteoschweiz.ch/web/en/research/projects/nccr_ii/rpss.html/) - 2.5.2009]

MKOL (2006): *Mezinárodní komise pro ochranu Labe*.  
[<http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=210&L=1> – 18.4.2009]

NWS (2009): *National Oceanic and Atmospheric Administration's*, National Weather service. [<http://www.nws.noaa.gov/> - 10.6.2009]

Pilous, V. (2008): *Pramen Jizery nekonečný příběh?*, Časopis Krkonoše – Jizerské hory.  
[[http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=10243&Itemid=30](http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=10243&Itemid=30) - 15.6.2009]

VÚV (2009): *Charakteristiky toků a povodí ČR*. Oddělení GIS, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka. [<http://www.vuv.cz/oddeleni-gis/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html> - 10.5.2009]



## 10. PŘÍLOHY

### 10.1 Tabulky hitt-miss koeficientů

Jizera - Jablonec nad Jizerou	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,79	0,77	0,81	0,94	0,78	0,76	0,8	0,94
pravděpodobnost správné předpovědi	0,83	0,8	0,62	0,42	0,81	0,78	0,58	0,38
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,42	0,27	0,12	0,03	0,36	0,26	0,26	0,03
ukazatel falešných varování	0,11	0,23	0,36	0,61	0,08	0,24	0,36	0,64
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	5,09	4,01	1,65	0,73	4,3	3,6	1,39	0,6
BIAS	0,94	1,05	0,97	1,1	0,88	1,03	0,9	1,05

Úpa - Horní Maršov	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,79	0,81	0,86	0,95	0,81	0,78	0,86	0,95
pravděpodobnost správné předpovědi	0,94	0,85	0,51	0,24	0,92	0,83	0,54	0,3
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,44	0,22	0,05	0,01	0,4	0,25	0,07	0,01
ukazatel falešných varování	0,22	0,26	0,3	0,43	0,19	0,29	0,34	0,41
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	14,78	5,75	1,04	0,32	11,11	4,75	1,19	0,43
BIAS	1,2	1,15	0,72	0,42	1,13	1,16	0,81	0,51

Dědina - Chábory	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,76	0,81	0,86	0,96	0,76	0,78	0,85	0,96
pravděpodobnost správné předpovědi	0,93	0,9	0,71	0,48	0,92	0,89	0,71	0,39
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,47	0,25	0,11	0,02	0,48	0,28	0,12	0,02
ukazatel falešných varování	0,27	0,33	0,47	0,57	0,26	0,35	0,5	0,61
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	13,75	9,42	2,41	0,91	12,3	7,95	2,4	0,63
BIAS	1,27	1,34	1,32	1,1	1,26	1,37	1,42	1

Sázava - Havlíčkův brod	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,78	0,81	0,9	0,95	0,78	0,78	0,88	0,96
pravděpodobnost správné předpovědi	0,93	0,9	0,78	0,47	0,93	0,88	0,7	0,45
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,4	0,23	0,08	0,04	0,42	0,27	0,09	0,03
ukazatel falešných varování	0,26	0,35	0,44	0,77	0,25	0,39	0,49	0,75
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	13,92	9,28	3,61	0,9	13,77	7,04	2,36	0,81
BIAS	1,26	1,38	1,41	2,05	1,25	1,43	1,36	1,79

Otava - Sušice	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,82	0,82	0,85	0,93	0,83	0,8	0,83	0,92
pravděpodobnost správné předpovědi	0,94	0,84	0,52	0,23	0,94	0,83	0,53	0,18
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,38	0,2	0,06	0,02	0,37	0,23	0,08	0,02
ukazatel falešných varování	0,2	0,24	0,27	0,54	0,19	0,26	0,33	0,61
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	16,37	5,31	1,08	0,3	15,98	4,89	1,13	0,22
BIAS	1,18	1,1	0,71	0,5	1,16	1,12	0,79	0,46

Malše - Pořešín	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,81	0,82	0,89	0,97	0,81	0,79	0,88	0,96
pravděpodobnost správné předpovědi	0,92	0,89	0,67	0,59	0,91	0,86	0,68	0,4
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,36	0,21	0,07	0,02	0,35	0,24	0,09	0,02
ukazatel falešných varování	0,21	0,31	0,39	0,46	0,2	0,34	0,44	0,55
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	11,3	7,83	1,98	1,42	10,22	5,93	2,16	0,66
BIAS	1,17	1,29	1,09	1,08	1,14	1,3	1,21	0,89

Skalice - Varvažov	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,78	0,82	0,85	0,97	0,78	0,79	0,88	0,97
pravděpodobnost správné předpovědi	0,91	0,84	0,69	0,31	0,9	0,84	0,58	0,13
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,39	0,2	0,13	0,02	0,38	0,23	0,08	0,02
ukazatel falešných varování	0,25	0,33	0,6	0,73	0,24	0,36	0,52	0,89
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	10,23	5,19	2,27	0,45	9,44	5,19	1,4	0,15
BIAS	1,21	1,25	1,74	1,17	1,19	1,31	1,21	1,22

Radbuza - Tasovnice	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,76	0,82	0,87	0,97	0,75	0,82	0,88	0,98
pravděpodobnost správné předpovědi	0,95	0,88	0,58	0,19	0,97	0,87	0,55	0,14
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,46	0,21	0,08	0,02	0,46	0,22	0,06	0,01
ukazatel falešných varování	0,3	0,32	0,4	0,81	0,32	0,3	0,37	0,84
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	19,14	6,52	1,85	0,32	27,88	6,68	1,23	0,16
BIAS	1,35	1,21	0,94	0,89	1,42	1,25	0,88	0,86

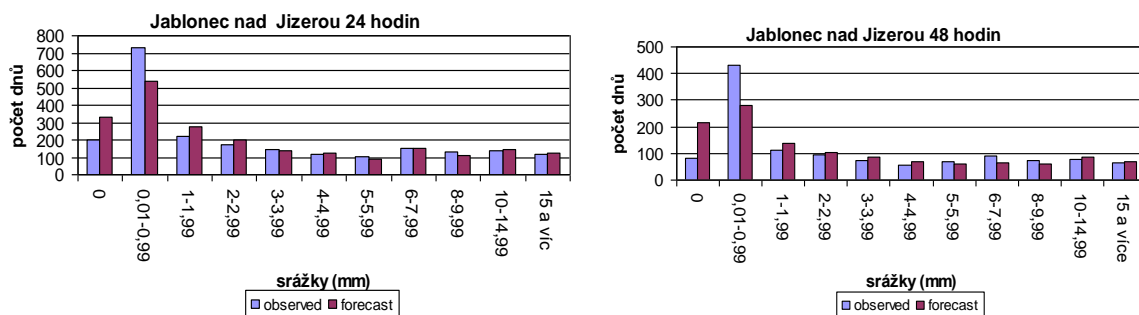
Litavka - Čenkov	24 hodinová předpověď modelu				48 hodinová předpověď modelu			
	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15	0/>0,01	<0,99/>1	<4,99/>5	<14,99/>15
přesnost předpovědi	0,75	0,78	0,89	0,97	0,72	0,74	0,88	0,98
pravděpodobnost správné předpovědi	0,8	0,74	0,57	0,37	0,75	0,7	0,49	0,25
pravděpodobnost nesprávné detekce	0,37	0,19	0,08	0,02	0,41	0,24	0,08	0,02
ukazatel falešných varování	0,17	0,31	0,55	0,77	0,12	0,34	0,62	0,93
poměr správných a nesprávných předpovědí výskytu	3,96	2,79	1,34	0,59	2,95	2,28	0,97	0,33
BIAS	0,96	1,06	1,28	1,63	0,85	1,06	1,29	0,83

Tab.10.1 – Naměřené hodnoty hitt-miss pro vybrané povodí z povodí Labe

## 10.2 Histogramy četnosti výskytu srážek

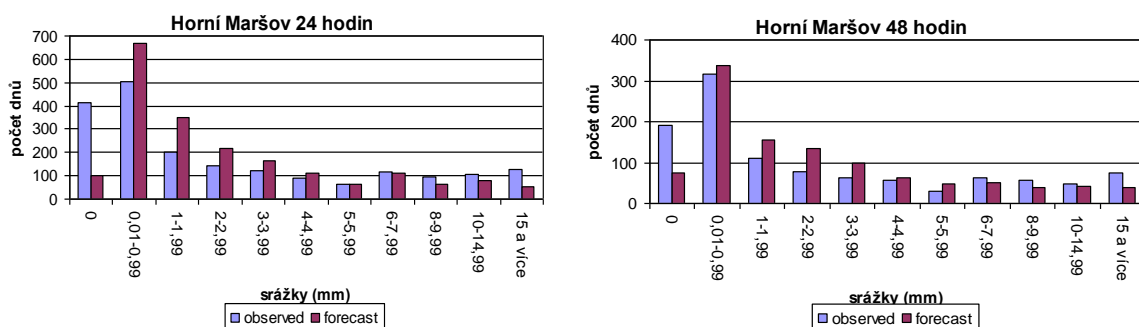
Frekvence výskytu srážek (bez dnů, kdy byla předpověď srážek i skutečně naměřené srážky rovna nule) v jednotlivých vybraných intervalech.

V následujících grafech byla opět použita metoda frekvence výskytu srážek, ale byly odfiltrovány dny, pro které model ALADIN předpovídal nulové srážky, a ty se ve skutečnosti opravdu nevyskytly. Tato metoda byla zařazena do vyhodnocení z toho důvodu, aby bylo lépe patrné, které srážkové úhrny se ve vybraných zdrojových oblastech povodí Labe vyskytují nejčastěji.



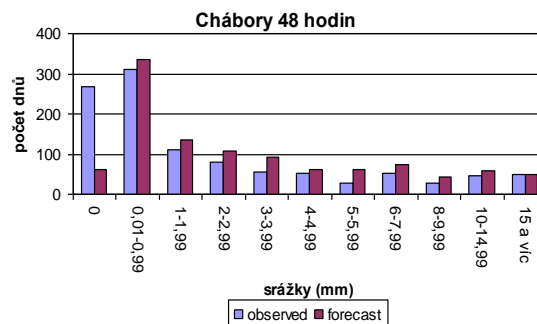
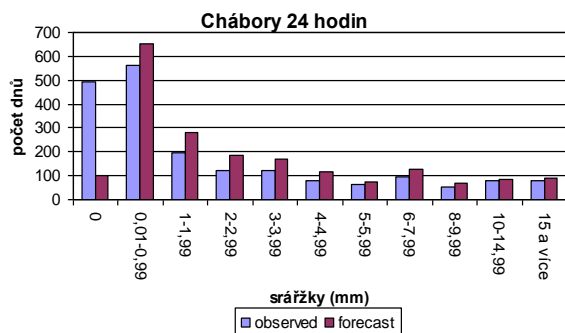
Obr.10.2.1 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Jizery

Předpovědní model značně nadhodnocuje počet dnů beze srážek a velmi mírně srážky od 1 do 2 mm, zatímco výrazně podhodnocuje srážky do 1 mm. To ale může být způsobeno častým výskytem horizontálních srážek na stanicích v tomto povodí (velmi často byly naměřeny úhrny do 0,10 mm, když model předpovídal, že se srážky nevyskytnou).



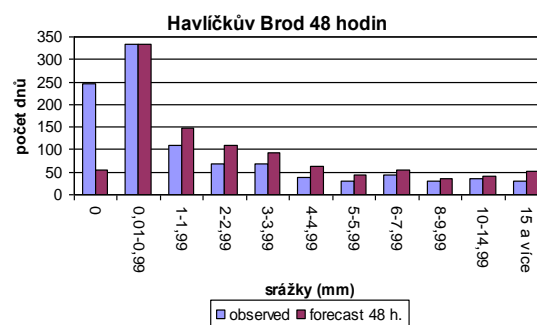
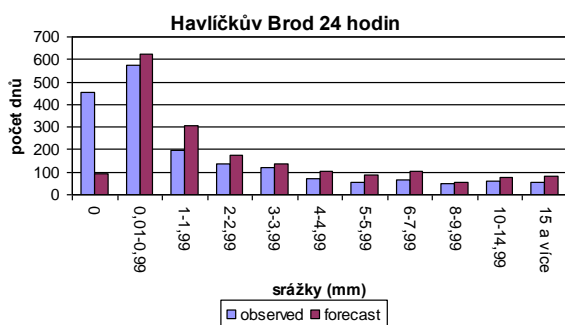
Obr.10.2.2 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Úpy

Předpovědní model ALADIN tentokrát výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek a naopak mírně nadhodnocuje srážkové úhrny od 1 do 4 mm. Tento jev by mohl souviset s tím, že při západním proudění zde model neočekává srážkový stín. Zhrozená orografie modelu totiž srážkový stín nevidí, zatímco ve skutečnosti je povodí stíněno hřebeny Krkonoš. Srážky nad 6 mm již jsou opět lehce podhodnoceny a počet dnů se srážkami nad 15 mm je podhodnocen poměrně znatelně.



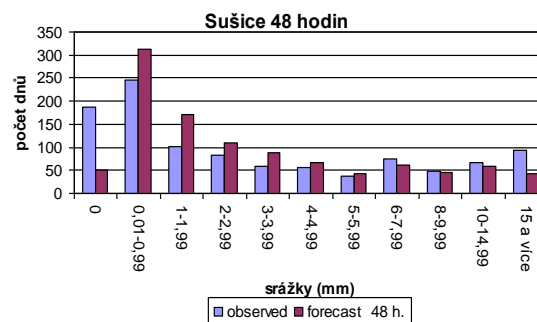
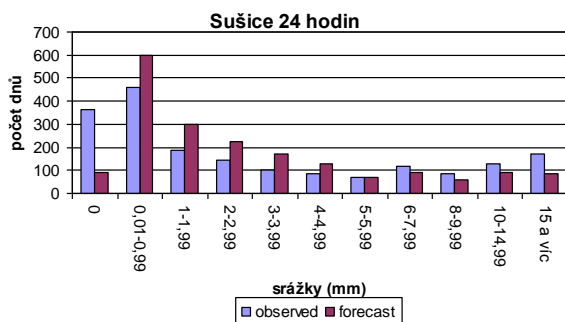
Obr.10.2.3 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Dědiny

Model velmi výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek a naopak lehce nadhodnocuje všechny ostatní kategorie srážek až do výše 15 mm. Tudíž se zdá, že je návštěví Orlických hor naopak mírně nadhodnocováno.



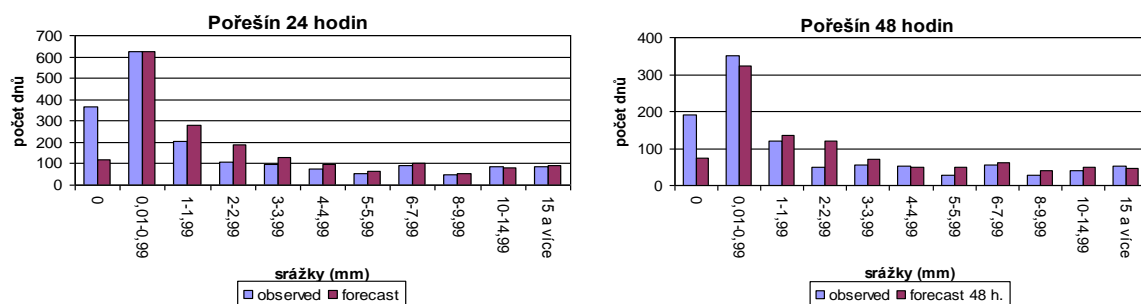
Obr.10.2.4 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Sázavy

Předpovědní model opět velmi výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek a slabě až mírně nadhodnocuje ostatní srážkové kategorie. Podobné jako v Cháborech to může být způsobeno mírným nadhodnocením návštěví, případně konstantním nadhodnocením srážek, které má počátek na přelomu let 2004 a 2005.



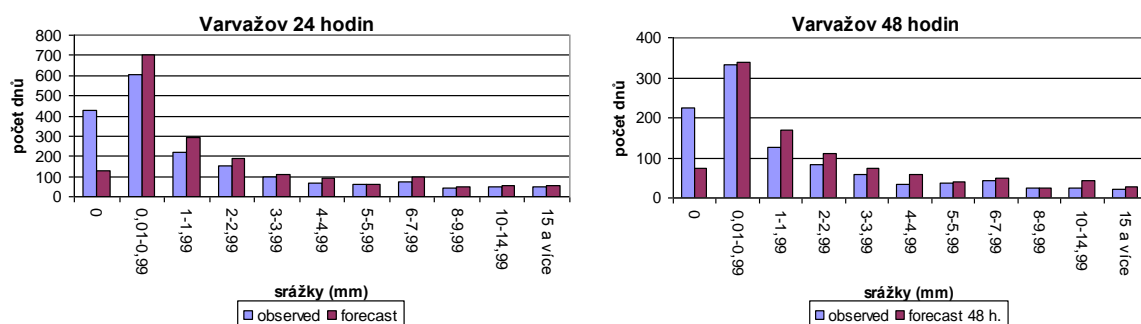
Obr.10.2.5 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Otavy

Model značně podhodnocuje dny beze srážek a nadhodnocuje srážkové úhrny do 5 mm. Srážky od 6 do 10 mm již opět mírně podhodnocuje a k výraznému podhodnocení dochází u srážek nad 15 mm. Celkové podhodnocení srážek by mohlo být způsobené orografickým zesílením srážek na návětrné straně Šumavy, které pak vypadávají i za hřebenem na české straně, ale předpovědní model je tam nepředpokládá.



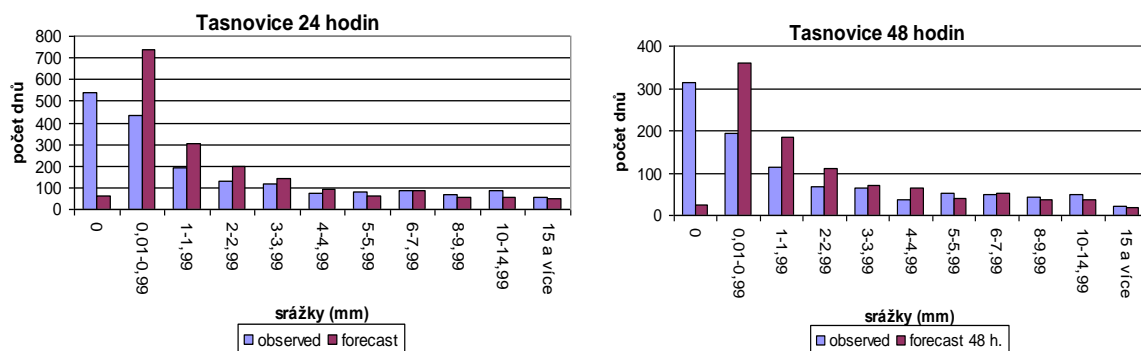
Obr.10.2.6 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Malše

Model ALADIN i v tomto povodí mírně podhodnocuje dny beze srážek a mírně nadhodnocuje srážky od 1 do 6 mm. Celkově dochází ke slabému konstantnímu nadhodnocení srážek od konce roku 2005, což může být i zde zapříčiněno změnou parametrů předpovědního modelu ALADIN.



Obr.10.2.7 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí Skalice

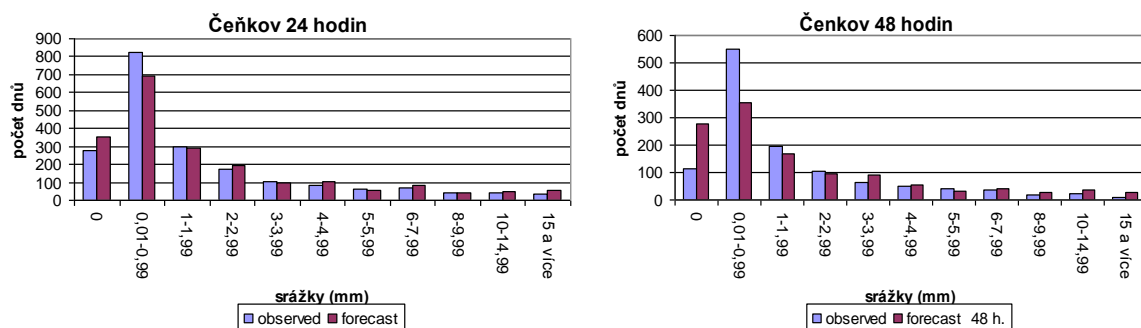
Předpovědní model znatelně podhodnocuje počet dnů beze srážek a slabě až mírně nadhodnocuje všechny ostatní kategorie srážek. K celkovému mírnému nadhodnocení srážek dochází po celé sledované období. Předpovědní model zřejmě nepočítá se srážkovým stínem v této oblasti.



Obr.10.2.8 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Radbuzy

Předpovědní model ALADIN zde ze všech vybraných povodí nejvíce podhodnocuje dny beze srážek, zatímco výrazně nadhodnocuje srážky do 1 mm a mírně do 5 mm. Srážky nad 8 mm již ale model opět podhodnocuje.

U nejnižších dvou kategorií se může projevovat vliv horizontálních srážek, nebo efekt povodí s více srážkoměry, kdy i minimální srážkový úhrn v jedné stanici (0.1 mm) způsobí, že průměr na povodí připadne již do kategorie se srážkami 0.01 až 1 mm. Podobně se tento efekt může projevit také v povodí Jizery, kde jsou umístěny srážkoměry experimentálních povodí, čili relativně hustší síť.



Obr.10.2.9 – Histogram relativní četnosti výskytu 24 a 48 hodinové předpovědi a skutečně pozorovaných srážek povodí horní Litavky

Předpovědní model mírně nadhodnocuje dny beze srážek a naopak podhodnocuje srážkové úhrny do 1 mm. Srážkové úhrny nad 6 mm již opět nadhodnocuje, přičemž nejvíce se to týká srážkových maxim. Celkově zde model srážky mírně nadhodnocuje konstantně od počátku roku 2005.

Předpovědní model ALADIN na všech vybraných povodích s výjimkou Jablonce nad Jizerou a Čenkovu výrazně podhodnocuje počet dnů beze srážek především na úkor srážek od 1 do 5 mm. Nadhodnocování malých srážkových úhrnů může být způsobeno místními vlivy, ale dá se předpokládat, že to bude především zapříčiněno tím, že je nadhodnocení

malých úhrnů klasickým jevem u meteorologických modelů a jde vlastně o vzájemnou kompenzaci .

V horských povodích Úpy a Otavy dochází k značnému podhodnocení vysokých srážkových úhrnů, což může být způsobeno relativním zhlazením orografie modelu v těchto oblastech, které způsobuje to, že model předpovídá nižší srážkové úhrny u orograficky zesílených srážek.

### 10.3 Tabulky vyhodnocení významných srážkových událostí

#### Jizera, Jablonec nad Jizerou

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	12.8.	67,68	45,7		50- 70	67,52	
	2 dny	12.,13.8.	121,18	100,2		70-100	82,69	
	3 dny	11.,12.,13.8.	139,68	118,4		80-120	84,77	
VIII.06	1 den	6.8.	84,85	28,1	18,4	50- 70	33,12	21,69
	2 dny	6.,7.8.	142,15	71,2	58	70-100	50,09	40,80
	3 dny	5.,6.,7.8.	179,43	97	81,1	80-120	54,06	45,20

#### Úpa, Horní Maršov

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	13.8.	98,07	33,3		50- 70	33,96	
	2 dny	12.,13.8.	105,97	47,9		70-100	45,20	
	3 dny	11.,12.,13.8.	112,63	71,1		80-120	63,13	
VIII.08	1 den	31.8.	100,8	31,1		50- 70	30,85	
	2 dny	30.,31.8.	104,63	34,3		70-100	32,78	
	3 dny	29.,30.,31.8.	108,83	34,7		80-120	31,88	
VIII.06	1 den	7.8.	84,97	11,4	27,3	50- 70	13,42	32,13
	2 dny	6.,7.8.	151,5	33,3	43,7	70-100	21,98	28,84
	3 dny	5.,6.,7.8.	173,83	47,2	54,8	80-120	27,15	31,53

#### Dědina, Chábory

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	13.8.	49,50	66,6		45-60	134,55	
	2 dny	12.,13.8.	71,9	70,7		60-80	98,33	
	3 dny	11.,12.,13.8.	81,45	83,9		60-100	103,01	
VIII.06	1 den	7.8.	56,37	22,3	34,8	45-60	39,56	61,74
	2 dny	6.,7.8.	91,97	48	43,5	60-80	52,19	47,30
	3 dny	5.,6.,7.8.	101,93	70,9	53,4	60-100	69,56	52,39

## Sázava, Havlíčkův Brod

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	13.8.	50,33	41,7		35-45	82,86	
	2 dny	12.,13.8.	89,08	73,2		40-50	82,17	
	3 dny	11.,12.,13.8.	117,13	85,6		50-70	73,08	
VIII.06	1 den	7.8.	54,95	20,1	46,4	35-45	36,58	84,44
	2 dny	6.,7.8.	76,78	42,9	53,9	40-50	55,87	70,20
	3 dny	5.,6.,7.8.	88,23	58,2	65,6	50-70	65,96	74,35

## Otava, Sušice

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	7.8.	71,23	40,1		40-70	56,30	
	2 dny	6.,7.8.	131,9	50,1		50-100	37,98	
	3 dny	6.,7.,8.8.	135,75	53,3		60-120	39,26	
VIII.02	1 den	12.8.	97,33	82,1		40-70	84,36	
	2 dny	11.,12.8.	151,13	124,1		50-100	82,11	
V.06	1 den	26.5.	44,60	10,9	6,4	40-70	24,44	14,35
	2 dny	26.,27.5.	87,25	18,7	16,6	50-100	21,43	19,03
	3 dny	25.,26.,27.5	97,85	22,5	18,3	60-120	22,99	18,70
VI.06	1 den	29.6.	50,68	33,9	14,8	40-70	66,90	29,21
	2 dny	29.,30.6.	56,9	38,3	15,8	50-100	67,31	27,77
	3 dny	28.,29.,30.6.	59,8	64,3	21,1	60-120	107,53	35,28
VIII.06	1 den	6.8.	49,05	24	19,2	40-70	48,93	39,14
	2 dny	5.,6.8.	74,08	37,8	35,1	50-100	51,03	47,38
	3 dny	4.,5.,6.8.	77,9	45	43,3	60-120	57,77	55,58

## Malše, Pořešín

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	7.8.	115,37	30,8		40-60	26,70	
	2 dny	6.,7.8.	198,88	37,9		50-70	19,06	
	3 dny	6.,7.,8.8.	206,42	39,7		60-80	19,23	
VIII.02	1 den	12.8.	98,57	106,2		40-60	107,74	
	2 dny	11.,12.8.	139,57	153		50-70	109,62	
	3 dny	11.,12.,13.8.	146,78	165,2		60-80	112,55	
VIII.05	1 den	16.8.	58,77	19,9	2,2	40-60	33,86	3,74
	2 dny	15.,16.8.	109,67	34,2	24,4	50-70	31,18	22,25
	3 dny	15.,16.,17.8.	117,95	37	26,5	60-80	31,37	22,47
VI.06	1 den	29.6.	60,07	90,5	38,7	40-60	150,67	64,43
	2 dny	29.,30.6.	77,13	107,5	40,7	50-70	139,38	52,77
	3 dny	28.,29.,30.6.	79,27	129,2	44,5	60-80	162,99	56,14
VIII.06	1 den	6.8.	44,53	29,3	19,5	40-60	65,79	43,79
	2 dny	5.,6.8.	77,93	40,6	33,4	50-70	52,10	42,86
	3 dny	5.,6.,7.8.	94,57	70,3	72,5	60-80	74,34	76,66



### Skalice, Varvažov

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	6.8.	34,25	2,4		do 35-45	7,01	
	2 dny	6.,7.8.	62,05	17,8		40-50	28,69	
	3 dny	6.,7.,8.8.	64,6	18,9		do 50-70	29,26	
VIII.02	1 den	12.8.	65,1	120,2		do 35-45	184,64	
	2 dny	11.,12.8.	93,2	153,5		40-50	164,70	
	3 dny	11.,12.,13.8.	93,5	160,3		do 50-70	171,44	
V.06	1 den	27.5.	60,7	25,3	8,4	do 35-45	41,68	13,84
	2 dny	26.,27.5.	92,4	52,4	16,7	40-50	56,71	18,07
	3 dny	25.,26.,27.5.	95,2	53,1	20,2	do 50-70	55,78	21,22
VIII.06	1 den	6.8.	30,35	28,4	14,7	do 35-45	93,57	48,43
	2 dny	5.,6.8.	43,9	48,3	36,5	40-50	110,02	83,14
	3 dny	4.,5.,6.8.	46,2	56,6	41,9	do 50-70	122,51	90,69

### Radbuza, Tasnovice

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	6.8.	21,33	1,7		do 35-45	7,97	
	2 dny	6.,7.8.	39,73	28,6		40-50	71,99	
	3 dny	5.,6.,7.8.	40,17	30,5		do 50-70	75,93	
VIII.02	1 den	12.8.	42,23	49,5		do 35-45	117,21	
	2 dny	11.,12.8.	71,3	82,8		40-50	116,13	
	3 dny	10.,11.,12.8.	72,63	88,6		do 50-70	121,99	
V.06	1 den	27.5.	34,10	19,6	8,4	do 35-45	57,48	24,63
	2 dny	26.,27.5.	59,67	38,8	13	40-50	65,02	21,79
	3 dny	26.,27.,28.5.	60,7	41,3	13,8	do 50-70	68,04	22,73
VIII.06	1 den	5.8.	15,40	10,8	29,4	do 35-45	70,13	190,91
	2 dny	5.,6.8.	26,8	34,9	43,9	40-50	130,22	163,81
	3 dny	4.,5.,6.8.	35,5	41,9	52,3	do 50-70	118,03	147,32

### Litavka, Čenkov

rok	počet dnů	datum	observed (mm)	forecast 24 (mm)	forecast 48 (mm)	dlouhodobý průměr (mm)	forecast 24 (%)	forecast 48 (%)
VIII.02	1 den	7.8.	24,6	10,7		35-45	43,50	
	2 dny	7.,8.,8.	46,45	11,6		40-50	24,97	
	3 dny	6.,7.,8.8.	67,7	14,3		50-70	21,12	
VIII.02	1 den	12.8.	81	150,3		35-45	185,56	
	2 dny	11.,12.8.	113,9	177,4		40-50	155,75	
	3 dny	11.,12.,13.8.	114,5	182		50-70	158,95	
V.06	1 den	27.5.	48,37	21,5	7,5	35-45	44,45	15,51
	2 dny	26.,27.5.	69,93	49,5	15,9	40-50	70,79	22,74
	3 dny	26.,27.,28.5.	73,83	55,5	18,9	50-70	75,17	25,60

Tab.10.3. – Vybrané významné srážkové události v povodí Labe